



Universidad
Carlos III de Madrid

Grado en Ingeniería de Sistemas Audiovisuales

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de un asistente multimodal
orientado al tratamiento de pacientes con
Alzheimer mediante dispositivos móviles
Android

Autor: Alba Renedo Cófreces

Tutor: David Griol Barres

Leganés, Septiembre de 2014

Título: Desarrollo de un asistente multimodal orientado al tratamiento de pacientes con Alzheimer mediante dispositivos móviles Android

Autor: Alba Renedo Cófreces

Director: David Griol Barres

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día __ de _____ de 20__ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

En primer lugar dar las gracias a mi familia porque sin la ayuda de cada uno de ellos no hubiera sido posible haber llegado hasta aquí, y a Jose por su ayuda, ánimo, aguante y tiempo dedicado en mí, porque gracias a él cada día se hace más fácil.

Por último y no por ello menos agradecida, agradecer a mi tutor David Griol el tiempo dedicado en este proyecto y su ayuda prestada hacia mí.

Resumen

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles Android orientada a pacientes enfermos de Alzheimer. Esta aplicación les ayudará a potenciar su memoria y, en general, a estimular sus capacidades cognitivas. Intentamos con esto que el usuario pierda lo más lentamente posible sus capacidades cognitivas.

La aplicación permitirá la interacción multimodal con el usuario a través de distintos tipos de ejercicios: ejercicios para el desarrollo de la orientación, para el desarrollo de la memoria, para mantener la atención, para el reconocimiento de colores, caras y formas (Gnosias), para el desarrollo del lenguaje y, por último, para desarrollar las funciones ejecutivas. Se podrá interactuar con ella oralmente, de manera visual y táctil.

Usando esta aplicación, se le facilita al usuario la resolución de ejercicios que le ayuden a potenciar todas estas capacidades ya que podrá hacer uso de ella las 24 horas del día sin requerir obligatoriamente la presencia de otra persona que le ayude a realizar las actividades, a pesar de que es muy recomendable que el usuario haga uso de ella junto a rehabilitadores o personas que los acompañen, ya que, cualquier tarea rehabilitadora ha de ir acompañada de supervisión.

La aplicación se apoya en otras tecnologías adicionales, como servicios propios de Android para facilitar la interacción oral con la misma (Google Voice Recognizer y Text To Speech) y el uso de lenguajes de programación como Java, que la hacen más dinámica y flexible, aumentando su calidad y eficiencia.

El Trabajo Fin de Grado se complementa con un estudio de las aplicaciones que existen en la actualidad para este tipo de enfermedad neurodegenerativa. Este estudio complementario se ha realizado con el objetivo de aplicar todo su potencial para completar con éxito el Trabajo Fin de Grado. Este trabajo está enmarcado dentro del campo Ambient Assisted Living (AAL) y I Telemedicina.

Palabras clave: Sistema multimodal, Dispositivos móviles, Android, Alzheimer, Capacidad cognitiva, Ambient Assisted Living.

Abstract

The main objective of this DFP is to develop an application for Android mobile devices address to patients suffering from Alzheimer. This application will help them to enhance their memory and, in general, to stimulate their cognitive abilities. The main objective is to provoke the users to lose as slowly as possible their cognitive abilities.

The application will allow the multimodal user interaction through various types of exercises: exercises to develop guidance, to develop the memory, to sustain the attention, for recognition of colours, faces and forms (gnosis), for language development and, finally, to develop executive functions. It will allow three different interaction ways, oral, visual and tactile.

Using this application, the user will be able to solve the exercises that help strengthening these capabilities 24 hours a day without necessarily requiring the presence of another person to help the subject to carry out the activities; although it is highly recommended that the user is always accompanied when using the application, as any rehabilitative work must be accompanied by supervision.

The application is supported by additional technologies such as Android's own services to facilitate oral interaction with it (Google Voice Recognizer and Text To Speech), as well as the use of programming languages such as Java, that make it more dynamic and flexible, increasing quality and efficiency.

The DFP is complemented by a study of the applications that currently exist for this type of neurodegenerative disease. This complementary study was conducted with the aim of implementing their potential to successfully complete the DFP. This work is part of the Ambient Assisted Living (AAL) field and I Telemedicine.

Keywords: multimodal system, mobile devices, Android, Alzheimer, cognitive capacity, Ambient Assisted Living.

Índice General

1. Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos principales del trabajo	5
1.3 Fases de desarrollo	6
1.4 Planificación temporal	8
1.5 Medios utilizados	11
1.6 Estructura de la memoria	12
2. Estado del arte	15
2.1 Sistemas operativos móviles	15
2.1.1 Sistemas operativos móviles más destacados	16
2.1.2 Elección del sistema operativo móvil	18
2.2 Sistema operativo Android	21
2.2.1 Arquitectura Android	21
2.2.2 Versiones de Android y niveles de API	24
2.3 Enfermedad de Alzheimer	31
2.3.1 Rehabilitación	34
2.3.2 Aplicaciones similares	40
3. Descripción general del sistema desarrollado	45
3.1 Presentación del sistema	45
3.2 Herramientas del sistema	47
3.2.1 Eclipse	47

3.2.1.1 SDK Android	47
3.2.1.2. Sistema de ficheros	48
3.3 Recursos necesarios para el sistema	49
3.3.1 Google Voice Recognizer	50
3.3.2 Google Text To Speech	51
4. Descripción detallada de los módulos del sistema	53
4.1 Módulo Inicio	53
4.1.1 Funcionalidad	53
4.1.2 Escenarios de uso	54
4.2 Ejercicios de Orientación	55
4.2.1 Módulo Orientación 1	55
4.2.2 Módulo Orientación 2	59
4.3 Ejercicios de Memoria	61
4.3.1 Módulo Memoria 1	61
4.3.1.1 Módulo Memoria 1 Historias	62
4.3.1.2 Módulo Memoria 1 Preguntas	65
4.3.2 Módulo Memoria 2	66
4.3.3 Módulo Memoria 3	67
4.3.4 Módulo Memoria 4	71
4.4 Ejercicios de Atención	71
4.4.1 Módulo Atención 1	72
4.4.2 Módulo Atención 2	74
4.5 Ejercicios de Gnosias	77
4.5.1 Módulo Gnosias 1	77
4.5.2 Módulo Gnosias 2	81
4.5.3 Módulo Gnosias 3	83

4.5.4 Módulo Gnosias 4	84
4.6 Ejercicios de Lenguaje	87
4.6.1 Módulo Lenguaje 1	87
4.6.2 Módulo Lenguaje 2	88
4.6.3 Módulo Lenguaje 3	89
4.7 Ejercicios de Funciones Ejecutivas	93
4.7.1 Módulo Func. Ejecutivas 1	93
4.7.2 Módulo Func. Ejecutivas 2	94
4.7.3 Módulo Func. Ejecutivas 3	96
4.8 Introducción de nuevos ejercicios	97
4.8.1 Módulo Orientación 2	98
4.8.2 Módulo Memoria 1 Historias	98
4.8.3 Módulo Memoria 1 Preguntas	99
4.8.4 Módulo Memoria 2	99
4.8.5 Módulo Memoria 3	100
4.8.6 Módulo Memoria 4	100
4.8.7 Módulo Atención 1	101
4.8.8 Módulo Atención 2	102
4.8.9 Módulo Gnosias 1	102
4.8.10 Módulo Gnosias 2	103
4.8.11 Módulo Gnosias 3	103
4.8.12 Módulo Gnosias 4	104
4.8.13 Módulo Lenguaje 2	104
4.8.14 Módulo Lenguaje 3	105
4.8.15 Módulo Func. Ejecutivas 1	105
4.8.16 Módulo Func. Ejecutivas 2	106
4.8.17 Módulo Func. Ejecutivas 3	106

5. Evaluación de la aplicación	109
5.1 Metodología de evaluación	109
5.2 Resultado de la evaluación	113
6. Conclusiones y trabajo futuro	121
6.1 Conclusiones	121
6.2 Trabajo futuro	124
Presupuesto	127
Glosario	132
Bibliografía	135
ANEXO A: Introduction	144
ANEXO B: Conclusions	154

Índice de Figuras

Figura 1.1. Avance tecnológico del año 2012 respecto al año 2011.....	4
Figura 1.2. Principales ventajas de tablets y smartphones respecto a los ordenadores convencionales	4
Figura 1.3. Diagrama EDT de las tareas definidas para el Trabajo Fin de Grado	8
Figura 1.4. Diagrama de Gantt de la planificación temporal del Trabajo Fin de Grado	10
Figura 2.1 Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos según su sistema operativo hasta el último cuarto del 2013 en el mundo	20
Figura 2.2. Arquitectura del sistema operativo Android	21
Figura 2.3. Cuadro resumen de los síntomas cognitivos en la enfermedad de Alzheimer	34
Figura 2.4. Pantalla de la aplicación Tweri en la que se establecen los límites de seguridad basados en un radio máximo.....	40
Figura 2.5. Pantalla principal de la aplicación i-Alzheimer	41
Figura 2.6. Pantalla de la aplicación [re]membr	41
Figura 2.7. Ejemplo de pantalla de la aplicación Refresh my memory	42
Figura 3.1. Ejercicios ofrecidos por la aplicación desarrollada para el Trabajo Fin de Grado	46
Figura 3.2. Estructura del sistema de ficheros de un proyecto Android desarrollado con Eclipse	48
Figura 3.3. Reconocedor de voz implementado en la aplicación desarrollada para el Trabajo Fin de Grado	50
Figura 4.1. Interfaz correspondiente al módulo Inicio	54
Figura 4.2. Escenario de uso del módulo Inicio. Elección de categoría de ejercicios	54
Figura 4.3. Interfaz del Módulo Orientación 1	55

Figura 4.4. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario no contesta todas las preguntas	56
Figura 4.5. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario ha contestado alguna de las preguntas de manera incorrecta	56
Figura 4.6. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario contesta todas las preguntas correctamente	57
Figura 4.7. Escenario de uso del módulo Orientación 1. No completar todas las respuestas	58
Figura 4.8. Escenario de uso del módulo Orientación 1. Introducir alguna respuesta errónea	58
Figura 4.9. Escenario de uso del módulo Orientación 1. Introducir todas las respuestas correctas	58
Figura 4.10. Interfaz del módulo Orientación 2	59
Figura 4.11. Interfaz del módulo Orientación 2 cuando el usuario elige una opción incorrecta	60
Figura 4.12. Interfaz del módulo Orientación 2 cuando elige la opción correcta	60
Figura 4.13. Escenario de uso del módulo Orientación 2. No elegir la imagen correcta	61
Figura 4.14. Escenario de uso del módulo Orientación 2. Elegir la opción correcta	61
Figura 4.15. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia nada más ser cargado	62
Figura 4.16. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia con la historia cargada	63
Figura 4.17. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia la segunda vez que se accede a leer la historia	64
Figura 4.18. Escenario de uso del módulo Memoria 1 Historia. El usuario está leyendo la historia y pasan los 20segundos	64
Figura 4.19. Escenario de uso del módulo Memoria 1 Historia. El usuario pulsa el botón “Contestar preguntas” antes de que hayan pasado los 20segundos	65
Figura 4.20. Interfaz del módulo Memoria 1 Preguntas cuando se accede por primera vez	65
Figura 4.21. Interfaz del módulo Memoria 1 Preguntas cuando se accede después de leer la historia por segunda vez	66

Figura 4.22. Interfaz del módulo Memoria 2	67
Figura 4.23. Interfaz del módulo Memoria 3	68
Figura 4.24. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario no escribe todas las palabras	68
Figura 4.25. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario escribe alguna palabra errónea	69
Figura 4.26. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario escribe todas las palabras correctas	69
Figura 4.27. Escenario de uso del módulo Memoria 3. No escribir todas las palabras de la serie	70
Figura 4.28. Escenario de uso del módulo Memoria 3. Escribir todas las palabras pero alguna incorrecta	70
Figura 4.29. Escenario de uso del módulo Memoria 3. Escribir todas las palabras correctas	70
Figura 4.30. Interfaz del módulo Memoria 4	71
Figura 4.31. Interfaz del módulo Atención 1	72
Figura 4.32. Interfaz del módulo Atención 1 cuando el usuario pulsa una imagen incorrecta	72
Figura 4.33. Interfaz del módulo Atención 1 Resultado	73
Figura 4.34. Escenario de uso del módulo Atención 1. No elegir la imagen correcta	73
Figura 4.35. Escenario de uso del módulo Atención 1. Elección de todas las imágenes correctamente	74
Figura 4.36. Interfaz del módulo Atención 2	75
Figura 4.37. Interfaz del módulo Atención 2 cuando el usuario se equivoca de imagen	75
Figura 4.38. Interfaz del módulo Atención 2 cuando el usuario elige todas las imágenes correctas	76
Figura 4.39. Escenario de uso del módulo Atención 2. No elegir la imagen correcta	76

Figura 4.40. Escenario de uso del módulo Atención 2. Elegir todas las imágenes correctas	76
Figura 4.41. Interfaz del módulo Gnosias 1 nada más cargar el ejercicio	77
Figura 4.42. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario responde con éxito la primera parte del ejercicio	78
Figura 4.43. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario no completa todos los colores	78
Figura 4.44. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario completa de manera errónea alguno de los colores	79
Figura 4.45. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario contesta correctamente todos los colores	79
Figura 4.46. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Elegir el color adecuado	80
Figura 4.47. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. No escribir todos los colores pedidos	80
Figura 4.48. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Escribir todos los colores pero alguno de ellos erróneo	80
Figura 4.49. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Escribir todos los colores de forma correcta	81
Figura 4.50. Interfaz del módulo Gnosias 2	81
Figura 4.51. Interfaz del módulo Gnosias 2 cuando el usuario pulsa una opción incorrecta	82
Figura 4.52. Interfaz del módulo Gnosias 2 cuando el usuario elige la opción correcta	82
Figura 4.53. Escenario de uso del módulo Gnosias 2. Elegir una opción incorrecta	83
Figura 4.54. Escenario de uso del módulo Gnosias 2. Elegir la opción correcta	83
Figura 4.55. Interfaz del módulo Gnosias 3	84
Figura 4.56. Interfaz del módulo Gnosias 4	85
Figura 4.57. Interfaz del módulo Gnosias 4 cuando el usuario no pulsa una de las imágenes relacionadas	85
Figura 4.58. Interfaz del módulo Gnosias 4 cuando se eligen las 4 imágenes correctas	86

Figura 4.59. Escenario de uso del módulo Gnosias 4. Elegir una imagen errónea ...	86
Figura 4.60. Escenario de uso del módulo Gnosias 4. Elegir las 4 imágenes correctas	86
Figura 4.61. Interfaz del módulo Lenguaje 1	87
Figura 4.62. Interfaz del módulo Lenguaje 1 cuando el usuario escribe alguna palabra repetida	88
Figura 4.63. Escenario de uso del módulo Lenguaje 1. Escribir alguna palabra repetida	88
Figura 4.64. Interfaz del módulo Lenguaje 2	89
Figura 4.65. Interfaz del módulo Lenguaje 3	90
Figura 4.66. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando se inicia el reconocedor de voz de Google	90
Figura 4.67. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando el usuario lee mal la frase	91
Figura 4.68. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando el usuario lee la frase correctamente	92
Figura 4.69. Escenario de uso del módulo Lenguaje 3. Leer mal la frase	92
Figura 4.70. Escenario de uso del módulo Lenguaje 3. Leer la frase correctamente	92
Figura 4.71. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 1	93
Figura 4.72. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2	94
Figura 4.73. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2 cuando el usuario se equivoca	95
Figura 4.74. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2 cuando el usuario da la respuesta correcta	95
Figura 4.75. Escenario de uso del módulo Func.Ejecutivas 2. No elegir las monedas correctas	96
Figura 4.76. Escenario de uso del módulo Func.Ejecutivas 2. Elegir las monedas correctas	96
Figura 4.77. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 3	97
Figura 5.1. Cuestionario desarrollado para la evaluación subjetiva de la aplicación del Trabajo Fin de Grado	112

Figura 5.2. Estadísticas de los resultados de la evaluación subjetiva de la aplicación	118
Figure 8.1. Technological development of the year 2012 compared to year 2011	145
Figure 8.2. WBS diagram with the task to be done at the DFP	148
Figure 8.3. Gantt Chart of the DFP time planning	149

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Tasa de prevalencia del Alzheimer por edad	1
Tabla 2.1. Comparativa de las principales plataformas móviles	19
Tabla 2.2. Cuota de mercado de las actuales versiones de Android	30
Tabla 2.3. Principales tratamientos no farmacológicos para la enfermedad de Alzheimer	35
Tabla 7.1. Detalle de costes de recursos humanos por parte del desarrollador de la aplicación del Trabajo Fin de Grado	129
Tabla 7.2. Detalle de costes de recursos humanos por parte del tutor del proyecto	129
Tabla 7.3. Detalle del coste total del Trabajo Fin de Grado	130

Capítulo 1

Introducción

En este primer capítulo se describe la motivación del Trabajo Fin de Grado, se enumeran los objetivos que se definieron para el mismo y se presentan los aspectos generales relativos a las fases de desarrollo, la planificación temporal y los medios empleados para su consecución. En último lugar, se detalla la estructura de los capítulos que conforman este documento.

1.1 Motivación

En el nuevo siglo han aumentado muchísimo los casos de sujetos afectados por las enfermedades neurodegenerativas, especialmente el Alzheimer. El Alzheimer es una enfermedad ligada a la edad, por ello que el incremento de su incidencia y prevalencia en las últimas décadas se derive del envejecimiento progresivo de la población. En la Tabla 1.1 podemos apreciar cómo, a más edad, le corresponde una cifra más alta en la prevalencia de la enfermedad de Alzheimer (*Teixidor et al., 2005*).

Grupo de edad	Edad media	Tasa de prevalencia
60 - 64	62.5	0.7
65 - 69	67.5	1.4
70 - 74	72.5	2.8
75 - 79	77.5	5.6
80 - 84	82.0	10.5
85 - 89	87.0	20.8
90 - 95	91.5	38.6

Tabla 1.1. Tasa de prevalencia del Alzheimer por edad

La enfermedad de Alzheimer es la enfermedad neurodegenerativa más prevalente (*Tirapu et al., 2011*). Cada año se detectan 4,6 millones de nuevos casos de Alzheimer, o lo que es lo mismo, cada siete segundos una persona en el mundo

es diagnosticada de dicha enfermedad. En España las cifras del Alzheimer ascienden actualmente a 1,2 millones de pacientes (*"Aumento del Alzheimer", 2013*).

El Alzheimer es una enfermedad crónica que se caracteriza por la presencia de síntomas cognitivos (problemas de memoria, afasia, dificultades de atención y concentración, etc.), problemas físicos (incontinencia, pérdida de fuerza, lentificación y alteraciones motoras) y alteraciones emocionales y/o comportamentales (depresión, ansiedad, agresividad, apatía, etc.) (*De los Reyes et al., 2012*). Estos problemas se pueden tratar de manera farmacológica y de manera no farmacológica.

El principal objetivo de este Trabajo Fin de Grado es el desarrollo de una aplicación que ayude en la rehabilitación del enfermo de Alzheimer de manera no farmacológica. Para este tipo de rehabilitación se necesita estimular al paciente tanto a nivel físico como a nivel cognitivo (*Isidro et al., 2011*). Algunos de los trabajos que hay que realizar son los siguientes:

- Trabajar la **memoria**.
- Trabajar la **orientación**.
- Trabajar el **lenguaje**.
- Trabajar la **atención**.
- Trabajar las **gnosias**. Las gnosias son las capacidades de elaborar, interpretar y asignar un significado a la información captada por los sentidos.
- Trabajar las **praxias**. Las praxias son las habilidades para poner en marcha programas motores de manera voluntaria y, normalmente, aprendidos.
- Trabajar el **cálculo**.
- Trabajar el **esquema corporal**.
- **Estimulación sensorial**.
- **Estimulación física**.

En el entorno del tipo de rehabilitación que tratamos en este Trabajo Fin de Grado, los ordenadores y la posibilidad de disponer de diversos soportes informáticos han creado un gran debate entre los comentarios a favor (presuponiendo que los programas diseñados rehabilitan por el mero uso), o en contra (aludiendo que impiden la actuación con el paciente y que no son suficientemente flexibles). Evidentemente, los programas informáticos o aplicaciones móviles creadas para rehabilitación, como es nuestro caso, no están pensados para rehabilitar por el mero uso, si no para que ayuden a ir superándose al paciente, son herramientas de ayuda que se suman a las tareas de lápiz y papel, o incluso libros o actividades cotidianas utilizados especialmente por los especialistas (*Tirapu et al., 2011*).

Son varios los programas informáticos creados en la actualidad para la estimulación cognitiva. Algunos de ellos se describen a continuación (*González y Muñoz*):

- **Programa Aire-Gradior.** Software basado en las nuevas tecnologías multimedia que permite el diseño de sesiones de evaluación y rehabilitación de forma sistematizada y personalizada.
- **Programa Rehacom.** Sistema computarizado de rehabilitación cognitiva diseñado para el entrenamiento y la estimulación de diversas funciones cognitivas.
- **Programa de estimulación cognitiva Smartbrain.** Se trata de un sistema interactivo y multimedia diseñado para varias finalidades. Por un lado permite realizar entrenamiento en capacidades cognitivas básicas, y por otro lado, el programa está formado por un área tutorial a partir de la cual se pueden decidir las características de la sesión de estimulación de forma personalizada y un área de ejecución de los ejercicios, en la que el usuario puede realizar de forma autónoma el plan de estimulación previamente definido.

No son tantas, por el contrario, las aplicaciones para dispositivos móviles diseñadas para este tipo de enfermedad. A pesar de la expansión que han sufrido los dispositivos móviles para uso personal y profesional en los últimos años, las aplicaciones con fin rehabilitador para enfermos de Alzheimer pensadas para Tablet y teléfonos inteligentes son escasas, prácticamente nulas. Ciertamente existen varias aplicaciones que ayudan con el Alzheimer, algunas de ellas son “Tweri”, “rescataME”, “Localízalo”, etc. (*Pérez, J.M., 2013*). Pero estas aplicaciones están basadas en la geolocalización y están pensadas para que si el enfermo que sale a dar un paseo se pierde, sus familiares y responsables le puedan tener localizado. Un estudio más detallado sobre estas aplicaciones y aplicaciones similares se hará en el siguiente capítulo.

Como hemos dicho anteriormente, la expansión de los dispositivos móviles en los últimos años se ha intensificado. Según los resultados del informe “IV Estudio sobre Mobile Marketing de IAB Spain y The Cocktail Analysis” (*The Cocktail Analysis S.L, 2012*), el 59% de los usuarios españoles disponen de al menos un teléfono inteligente (Smartphone), y el 23% de una Tablet. En la Figura 1.1 se muestra el avance tecnológico del año 2012 respecto al año 2011.



Figura 1.1. Avance tecnológico del año 2012 respecto al año 2011

Como podemos comprobar, el uso de tablets ha aumentado muchísimo, así como el uso de los portátiles y e-reader. Esta aplicación se ha creado teniendo en cuenta este gran desarrollo tecnológico y pensando en el bienestar de los usuarios, ya que smartphones y tablets presentan gran comodidad respecto al PC en lo que se refiere a disponibilidad (se puede usar en cualquier lugar), practicidad y facilidad de acceso a la información. En la Figura 1.2 se resumen las principales ventajas que poseen tablets y smartphones respecto a los ordenadores convencionales (*The Cocktail Analysis S.L, 2012*).



Figura 1.2. Principales ventajas de tablets y smartphones respecto a los ordenadores convencionales

Según el informe del servicio de estadística europeo, en España el 45% de las empresas ofrecen a sus plantillas dispositivos móviles para su trabajo diario (*Empresa BBVA, 2013*). Esto quiere decir que cada vez más no solo se trabaja con PC's o portátiles, si no que los dispositivos móviles son un medio muy importante en el entorno de trabajo.

Si además se hace un estudio sobre el sistema operativo que poseen la gran mayoría de estos dispositivos móviles, comprobamos que, a pesar de que Apple está sufriendo un gran aumento en su mercado con el paso del tiempo, el sistema operativo Android sigue siendo líder con un 78,6% de todos los smartphones comercializados en el planeta, frente un 15,2 % con iOS de Apple (*"Android en el*

mercado”, 2014). Esto hace que, la elección sobre el sistema operativo para la creación de nuestra aplicación haya sido fácil, ya que se intenta que pueda ser usada por el mayor número de personas posibles.

1.2 Objetivos principales del trabajo

Tal y como se ha comentado previamente, al conllevar las enfermedades neurodegenerativas la pérdida global de la función cognitiva que interfiere en las actividades habituales de la persona, el objetivo fundamental del proyecto es el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que facilite una serie de ejercicios prácticos de estimulación cognitiva que puedan ayudar al enfermo de Alzheimer. Estos ejercicios se han dividido en 6 categorías:

- **Ejercicios de Orientación:** las personas con Alzheimer pierden tanto la orientación espacial como la temporal como la personal. En esta categoría se tratarán los ejercicios sobre orientación temporal (para que el usuario se ubique en el tiempo).
- **Ejercicios de Memoria:** ejercicios que trabajan la memoria inmediata (repetición de lista de palabras), la memoria a corto plazo (contestación de preguntas después de haber leído una historia) y la memoria a largo plazo (contestación de preguntas sobre lugares, fechas, acontecimientos, etc.).
- **Ejercicios de Atención:** la capacidad para mantener la atención de personas con Alzheimer se ve muy deteriorada por la enfermedad, por ello se crea esta categoría, con el fin de intentar mantener activa la atención del usuario.
- **Ejercicios de Gnosias:** ejercicios por los que el usuario a través de la vista es capaz de reconocer objetos, caras y diferenciar colores.
- **Ejercicios de Lenguaje:** ejercicios que agilizan tanto la lectura como la fluidez verbal. Para ello se proponen una serie de ejercicios en los que el usuario de la aplicación tendrá que leer una frase, o escribir palabras relacionadas con cada uno de los ejercicios realizados.
- **Ejercicios de Funciones Ejecutivas:** conjunto de ejercicios basados en el razonamiento y la resolución de problemas.

Debido al aumento de personas con Alzheimer, y al gran uso de dispositivos móviles en la actualidad, el objetivo principal de la aplicación desarrollada es que este tipo de enfermos puedan realizar este tipo de ejercicios siempre que quieran sin necesidad de tener otra persona al lado y en el lugar que quieran, solo haciéndoles falta un dispositivo móvil, aunque, como ya se ha comentado anteriormente, es mejor que estos usuarios realicen los ejercicios con supervisión de algún rehabilitador.

En base a este objetivo principal, se han definido una serie de objetivos parciales:

- Llevar a cabo un estudio del sistema operativo Android.
- Permitir el uso de la aplicación desarrollada en cualquier momento y en cualquier lugar sin ser necesario el acceso a internet.
- Facilitar el uso de esta aplicación a usuarios sin experiencia en el manejo de dispositivos móviles, como son las personas ancianas, que son los predominantes de esta enfermedad. Para ello, se ha posibilitado la interacción oral con la aplicación mediante la integración de las funcionalidades de reconocimiento automático del habla y síntesis de texto a voz.
- Facilitar la introducción y edición de nuevos ejercicios en la aplicación por parte de personas sin conocimientos previos de programación y/o dispositivos móviles.

1.3 Fases de desarrollo

La división del presente proyecto en fases se ha realizado aplicando los conocimientos adquiridos en la asignatura Proyectos, Normativa y Política de Telecomunicaciones. Según la teoría estudiada en dicha asignatura, las fases de desarrollo de un proyecto se pueden agrupar en tres grandes bloques: Planificación, Ejecución y Documentación. Los conocimientos adquiridos en dicha asignatura los aplicaremos tanto en este apartado como en el siguiente.

Las tres fases del proyecto comentadas se describen a continuación:

Fase 1: Planificación.

- **Análisis de las aplicaciones diseñadas.** Estudio de las aplicaciones diseñadas en la actualidad para personas enfermas de Alzheimer.
- **Planificación de requisitos de la aplicación.** Determinación de los requisitos que cumplirá la aplicación desarrollada.
- **Estudio del sistema operativo Android y herramientas necesarias.** Aproximación al sistema operativo Android, aprendizaje sobre la programación Android y conocimiento sobre el uso de varias herramientas útiles para este Trabajo Fin de Grado.

Fase 2: Desarrollo.

- **Análisis y diseño inicial.** División de las distintas funcionalidades de la aplicación en diferentes módulos.
- **Implementación del sistema.** Programación de la aplicación completa.
- **Pruebas unitarias.** Estudio, configuración y realización de pruebas funcionales para cada módulo.
- **Pruebas de integración.** Proceso de pruebas de la aplicación completa hasta alcanzar una versión completamente estable de la misma.
- **Evaluación de la aplicación.** Realización de la encuesta de evaluación, recogida y análisis de los resultados.

Fase 3: Documentación.

- **Memoria del Trabajo de Fin de Grado.** Redacción del presente documento.
- **Preparación de la presentación.**

Para una mejor comprensión de las fases de desarrollo y de las tareas realizadas para cada fase, se hace uso de una herramienta muy importante en la gestión de proyectos, la EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo, también conocida por su nombre en inglés WBS-Work Breakdown Structure). Se trata de un diagrama con

estructura de árbol que describe los entregables y tareas que deben realizarse para un proyecto.

La Figura 1.3 representa el diagrama EDT con las tareas del presente proyecto. Como se puede observar, las tareas que constituyen el primer nivel de la jerarquía a partir de los cuales se han desarrollado el resto, son los tres bloques descritos previamente: Planificación, Ejecución y Documentación. A partir de estos tres bloques se han definido 10 tareas que constituyen el segundo y último nivel de la jerarquía.

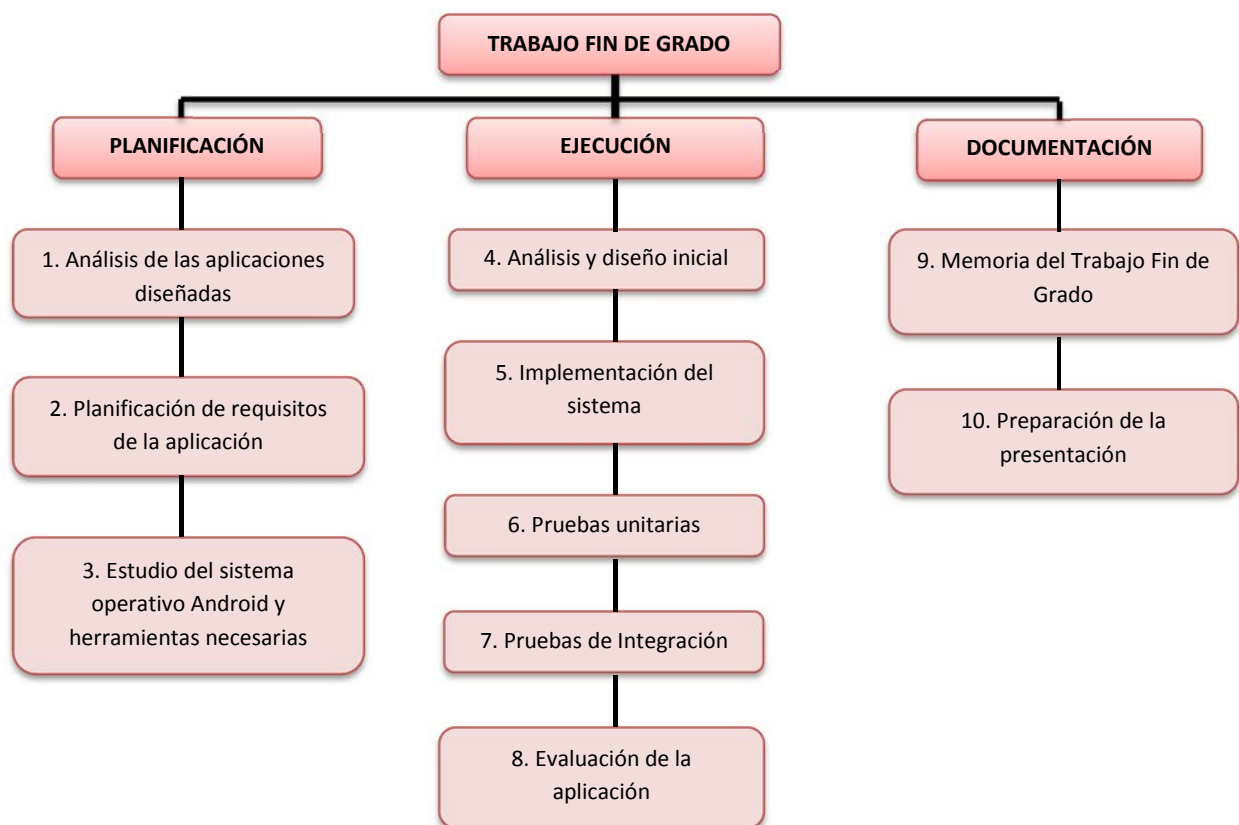


Figura 1.3. Diagrama EDT de las tareas definidas para el Trabajo Fin de Grado

1.4 Planificación temporal

Una vez establecidas las fases y tareas en las que se ha dividido el Trabajo Fin de Grado, se ha realizado la planificación temporal de las fases utilizando como herramienta de ayuda un diagrama de Gantt, con el objetivo de poder realizar un seguimiento detallado de la evolución de cada una de las tareas citadas.

Para la realización de dicho diagrama, además de incluir las 10 tareas resumen que se han estudiado en el diagrama EDT, se ha añadido un hito de inicio de Trabajo Fin de Grado y otro hito de fin de Trabajo Fin de Grado. Un hito es un evento de duración nula que controla el inicio o finalización de un grupo de tareas en un proyecto y tiene como objetivo mejorar el control del proyecto. Todo esto se puede comprobar en la Figura 1.4, donde se muestra el diagrama de Gantt resultante de aplicar el procedimiento de planificación explicado.

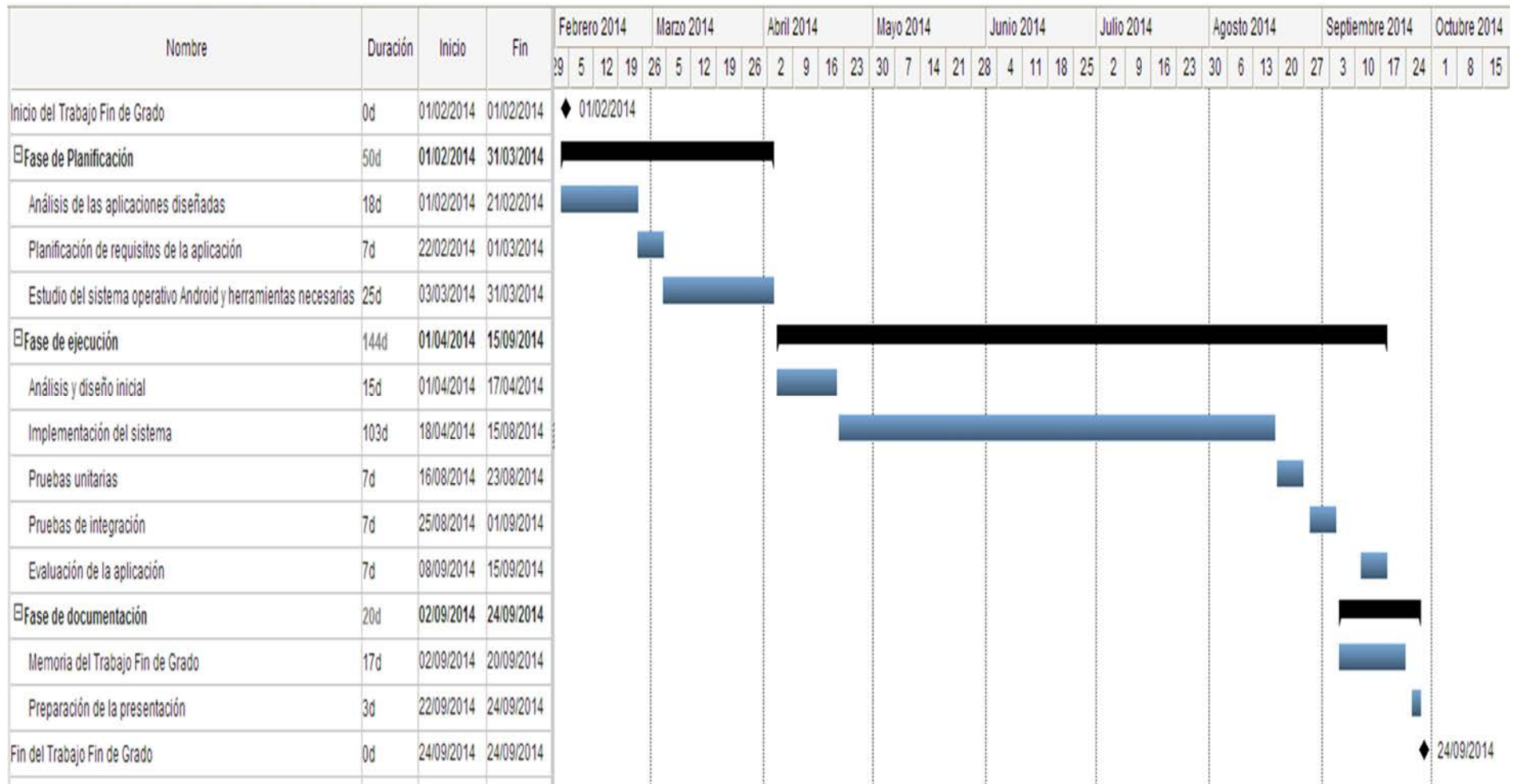


Figura 1.4. Diagrama de Gantt de la planificación temporal del Trabajo Fin de Grado

Comprobamos por tanto, con dicho diagrama, que la estimación para completar el Trabajo Fin de Grado ha sido de 202 días, considerando todos los días de la semana como días laborables excepto los domingos, y estableciendo una jornada de trabajo de 5 horas diarias. Para obtener la duración total no se puede hacer la suma de la duración de las 3 fases principales ya que no todas las tareas preceden a la anterior. Es cierto que en la mayoría esto se cumple, una tarea no empieza hasta que su tarea precedente no haya finalizado, pero la fase de documentación ha empezado antes de evaluar la aplicación. Estas dos tareas han sido llevadas a cabo simultáneamente, por ello, la duración total se obtiene de la suma de las duraciones de cada tarea individual, sin contar la tarea de “Evaluación de la aplicación”.

El tiempo invertido en la tarea de planificación y ejecución ha sido finalmente mayor al esperado debido a la labor de investigación y estudio del sistema operativo Android ya que se desconocía anteriormente todo lo relativo a la programación Android y al escenario donde poder crear una aplicación Android. También llevó cierto tiempo el estudio de las herramientas necesarias para el desarrollo de la aplicación, como han sido Google Voice Recognizer y Text To Speech.

1.5 Medios utilizados

A continuación se enumeran los materiales empleados para la realización del Trabajo de Fin de Grado.

Dispositivos Hardware:

- Ordenador portátil.
- Smartphone con Android 2.3.3 o superior.
- Tablet con Android 2.3.3 o superior.
- Cable USB.

Dispositivos Software:

- Plataforma Eclipse con plugins de Android.
- Paquete Microsoft Office 2010.
- Adobe Reader.
- Paint y GIMP para la edición de imágenes.
- Servicio de alojamiento de archivos multiplataforma Dropbox.

En el apartado Presupuesto de esta memoria se facilita información relativa al coste de los medios que se acaban de citar.

En lo referente a la documentación examinada, se han empleado numerosos libros y artículos acerca del lenguaje de programación Android, así como sobre el Alzheimer. Toda esta documentación se encuentra detallada en el apartado de Bibliografía.

1.6 Estructura de la memoria

A continuación se incluye un breve resumen de los capítulos que integran la memoria, con el fin de facilitar el entendimiento de la misma.

Capítulo 1: Introducción. En este primer capítulo se incluye la motivación del proyecto y los objetivos que persigue. Además, se incluyen también las fases de desarrollo, la planificación temporal, los medios empleados y la estructura de la memoria.

Capítulo 2: Estado del arte. En el segundo capítulo se lleva a cabo un estudio completo de los principales sistemas operativos móviles existentes en la actualidad. Como consecuencia de dicho estudio, se elige el sistema operativo Android del cual se realiza un análisis más exhaustivo de sus distintas versiones con el fin de determinar cuál de ellas se utilizará para desarrollar la aplicación. Por último, se realizará un análisis de la enfermedad a la que intentamos ayudar con este proyecto, el Alzheimer. Se hace un estudio de la metodología que se sigue para su rehabilitación y de aplicaciones existentes en la actualidad para dicha enfermedad.

Capítulo 3: Descripción general del sistema. Este capítulo comienza con una presentación general del sistema. Para ellos se analizan las herramientas y tecnologías empleadas.

Capítulo 4: Descripción detallada de los módulos del sistema. En este capítulo se describe detalladamente cada uno de los módulos de los que consta la aplicación. Al estar formada la aplicación por varios tipos de ejercicios, cada módulo corresponde a cada tipo de ejercicio. Para cada uno de estos módulos se explica sus funcionalidades y el modo de introducir un ejemplo nuevo de ejercicio. Además se presentan posibles escenarios de uso para cada módulo.

Capítulo 5: Evaluación de la aplicación. En este capítulo se lleva a cabo la evaluación de la aplicación a través de un cuestionario realizado por usuarios de la

misma. A partir de los resultados obtenidos se generará una serie de gráficas para determinar la calidad de la aplicación.

Capítulo 6: Conclusiones y trabajo futuro. En este capítulo se exponen las principales ideas, cuestiones, y conclusiones derivadas de la realización del Trabajo Fin de Grado, así como las posibles líneas de trabajo que se podrían generar a partir de este trabajo con el fin de mejorar la aplicación desarrollada.

Presupuesto. Este apartado contiene un análisis de los costes del diseño y desarrollo del Trabajo Fin de Grado, detallando el coste de personal y del material necesario para llevar a cabo su realización.

Glosario. En este apartado se recopilan los principales términos y conceptos técnicos utilizados en este documento, con el objetivo de facilitar su comprensión al lector.

Bibliografía. En este apartado se reflejan las citas bibliográficas que se han consultado para la realización tanto de la aplicación como de la memoria.

Capítulo 2

Estado del arte

En este capítulo se analiza el contexto en el que se enmarca el Trabajo de Fin de Grado. En primer lugar, se presentan los sistemas operativos móviles, explicando las principales características de cada uno de ellos y examinando dichas características, así como su cuota de mercado, para determinar cuál se adecua mejor a los objetivos. A continuación se hace un estudio completo de las distintas versiones del sistema operativo elegido, comparándolas unas con otras y decantándonos finalmente por la que se ha considerado mejor versión para la aplicación a desarrollar. Por último, se realiza un estudio detallado sobre la enfermedad del Alzheimer y aplicaciones existentes para dicha enfermedad.

2.1 Sistemas operativos móviles

La telefonía móvil en los últimos años ha tenido un gran avance tecnológico. Ha pasado de utilizarse simplemente como teléfono móvil a utilizarse, en muchos casos, como un ordenador personal, facilitándole al usuario la posibilidad de realizar distintos tipos de tareas sin necesidad de otros dispositivos.

Esta nueva generación de teléfonos se denomina Smartphone. Estos teléfonos son teléfonos móviles contruidos sobre una plataforma informática móvil, con una mayor capacidad de almacenar datos y realizar actividades semejantes a un pequeño ordenador, y con una mayor conectividad que un teléfono móvil convencional (*Zambrano, 2013*).

Todas estas nuevas características de los Smartphones se crean gracias a que estos teléfonos poseen un sistema operativo (SO), que les da la posibilidad de funcionar y realizar tareas tan distintas y complejas.

Un sistema operativo es un programa o conjunto de programas que en un sistema informático gestiona los recursos de hardware y provee servicios a los programas de aplicación (*Universidad Nacional de Moquegua, 2014*).

A pesar de que algunos usuarios utilizan estos teléfonos inteligente a modo de ordenador personal, estos no pueden llegar a tener las mismas características, ya que los sistemas operativos móviles son mucho más simples que los sistemas operativos de un ordenador convencional, y están más orientados a la conectividad inalámbrica, los formatos multimedia para móviles y las diferentes maneras de introducir información en ellos (*"Sistema operativo móvil", 2014*).

2.1.1 Sistemas operativos móviles más destacados

Es muy importante a la hora de escoger un dispositivo móvil saber el sistema operativo con el que trabajo dicho terminal, ya que cada uno de ellos obedece a distintas características, pensadas para públicos distintos.

A continuación se van a explicar los 4 sistemas operativos más conocidos en la actualidad:

- **Android.** Android es el líder en el mercado de sistemas operativos móviles. Es un sistema operativo pensado para dispositivos con pantalla táctil y basado en Linux. Originalmente fue diseñado para dispositivos móviles como los smartphones, pero después tuvo modificación para ser usado en tablets, actualmente se encuentra en desarrollo para usarse en netbooks y PCs. Este SO fue creado por la empresa Android Inc. fundada en 2003 y adquirida por Google en 2005.

Android se desarrolla de forma abierta, lo que es una gran ventaja ya que de esta forma cualquier programador y fabricante lo puede modificar a su gusto para posteriormente distribuirlo. Esto le ha ayudado muchísimo ya que es usado por una gran cantidad de empresa como HTC, LG, Samsung, Motorola entre otros.

Las aplicaciones para Android se escriben y desarrollan en Java aunque con unas APIS propias por lo que las aplicaciones escritas en Java para PC y demás plataformas ya existentes no son compatibles con este sistema (*"Sistema operativo móvil", 2014*).

El primer móvil con Android se vendió en octubre de 2008, y a partir de este se han lanzado nuevas versiones. Estas versiones siempre han sido compatibles con las versiones anteriores, solo se añaden nuevas funcionalidades y en el caso de modificar alguna funcionalidad no se elimina, se etiquetan como obsoletas pero

se pueden continuar utilizando (*"Programación de aplicaciones para móviles Android"*, 2013).

Actualizar los dispositivos Android es complicado debido a la gran diversidad de fabricantes que lo utilizan. Por ello, comercialmente es más rentable dejar los móviles obsoletos.

La tienda de aplicaciones desarrollada para dispositivos Android es Google Play (*"Google Play"*, 2014).

- **iOS.** Es el sistema operativo que da vida a dispositivos como el iPhone, el iPad, el iPod Touch o el Apple TV.

Anteriormente fue denominado iPhone OS creado por Apple originalmente para el iPhone, siendo después usado en el iPod Touch e iPad. Es un derivado de Mac OS X, se lanzó en el año 2007, aunque aumento el interés con el iPod Touch e iPad que son dispositivos con las capacidades multimedia del iPhone pero sin la capacidad de hacer llamadas telefónicas (*"Sistema operativo móvil"*, 2014).

Una de las grandes ventajas de este sistema operativo es su simplicidad y optimización, pero, por otro lado, su gran inconveniente es que es un sistema cerrado, por lo que tiene muy pocas posibilidades de personalización.

Apple proporciona actualizaciones de iOS a través de iTunes (*"iTunes"*, 2014). iOS depende absolutamente de iTunes para sincronizar los datos.

La tienda de aplicaciones de iOS es Apple Store (*"Apple Store"*, 2014). Es una de las tiendas más completas y de mayor calidad que existe en la actualidad.

- **Windows Phone.** Sistema operativo creado hace 11 años por Microsoft llamado Windows Mobile, basado en el núcleo del sistema operativo Windows CE. En aquel momento, este SO triunfó en PDAs y en la primera generación de smartphones, sin embargo, pasados los años quedó obsoleto, hasta que en 2010 renació en Windows Phone (*Administrador Comunidad TTT*, 2011).

Su interfaz es muy intuitiva y espectacular. Estéticamente está diseñado para ser similar a las versiones de escritorio de Windows.

El gran inconveniente de este sistema operativo es que su variedad de aplicaciones aún es muy inferior a la variedad de otros sistemas operativos como pueden ser Android o iOS. La tienda online donde se pueden descargar las aplicaciones, música, etc. para este sistema operativo es Windows Marketplace (*"Windows Marketplace"*, 2014).

La marca por excelencia sin lugar a duda que posee este sistema operativo es Nokia, varios de sus terminales utilizan Windows Phone. Otras marcas como HTC, LG o Samsung también poseen algún terminal con este sistema operativo, pero la variedad de teléfonos con Windows Phone es muy inferior a los teléfonos que tienen por ejemplo Android.

- **BlackBerry OS.** BlackBerry OS es un sistema desarrollado por la empresa Research In Motion. Es un sistema operativo multitarea para la BlackBerry, lo que permite un uso intensivo de los dispositivos de entrada disponibles en los teléfonos, en particular la rueda de desplazamiento y el trackpad (*"Variedad de sistemas operativos"*, 2011).

Originalmente las BlackBerry eran terminales orientados al entorno profesional, sin embargo, en las últimas actualizaciones, el creador se ha centrado en la parte multimedia hacia el usuario, a pesar de que no deja de lado la parte profesional ya que también se muestra la integración de las redes sociales y la mensajería instantánea.

Al igual que ocurre en Android, los desarrolladores independientes pueden crear aplicaciones para BlackBerry sin tener que pagar por ello, ya que el SDK y el simulador son gratuitos.

La principal desventaja de este sistema operativo es que, como ocurría en el caso de Windows Phone, la variedad de aplicaciones en el mercado disponibles para este sistema operativo aún es escasa. La tienda donde se encuentran las aplicaciones para su descarga es BlackBerry App World (*"BlackBerry World"*, 2014).

La diversidad de dispositivos que cuentan con BlackBerry OS no es muy extensa. Aparte de los dispositivos de la propia marca, algunas otras marcas que utilizan el cliente de correo electrónico de BlackBerry son Siemens, HTC, Sony. La mayoría de estos dispositivos cuentan con teclado QWERTY completo (*Lozada, 2012*). Son muy pocos los dispositivos táctiles que poseen este sistema operativo.

Uno de los sistemas operativos también muy importante durante muchos años fue **Symbian**, conocido ahora como Nokia Belle. En su momento, fue uno de los pioneros y más usados, sin embargo, ya no se fabrican dispositivos móviles con este SO. El último teléfono móvil con este sistema operativo fue el 'Nokia 808 PureView' dado a conocer el 27 de Febrero de 2012.

2.1.2 Elección del sistema operativo móvil

En la Tabla 2.1 podemos observar las características más importantes de los sistemas operativos nombrados en el apartado anterior (*"Comparativa de plataformas móviles"*, 2013). No mencionaremos nada sobre Symbian SO ya que, como hemos comentado anteriormente, ya no se fabrican móviles con este sistema operativo, por lo que no lo tendremos en cuenta para elegirlo como sistema operativo a la hora de crear nuestra aplicación.

	Apple iOS 7	Android 4.3	Windows Phone 8	BlackBerry OS 7
Compañía	Apple	Open Handset Alliance	Microsoft	RIM
Núcleo del SO	Mac OS X	Linux	Windows NT	Mobile OS
Licencia de software	Propietaria	Software libre y abierto	Propietaria	Propietaria
Año de lanzamiento	2007	2008	2010	2003
Fabricante único	Sí	No	No	Sí
Variedad de dispositivos	modelo único	muy alta	media	baja
Soporte memoria externa	No	Sí	Sí	Sí
Motor del navegador web	WebKit	WebKit	Pocket Internet Explorer	WebKit
Soporte Flash	No	Sí	No	Si
HTML5	Sí	Sí	Sí	Sí
Tienda de aplicaciones	App Store	Google Play	Windows Marketplace	BlackBerry App World
Número de aplicaciones	825.000	850.000	160.000	100.000
Coste publicar	\$99 / año	\$25 una vez	\$99 / año	sin coste
Actualizaciones automáticas del S.O.	Sí	depende del fabricante	depende del fabricante	Sí
Familia CPU soportada	ARM	ARM, MIPS, Power, x86	ARM	ARM
Máquina virtual	No	Dalvik	.net	Java
Aplicaciones nativas	Siempre	Sí	Sí	No
Lenguaje de programación	Objective-C, C++	Java, C++	C#, muchos	Java
Plataforma de desarrollo	Mac	Windows, Mac, Linux	Windows	Windows, Mac

Tabla 2.1. Comparativa de las principales plataformas móviles

Un aspecto muy importante también a tener en cuenta al elegir el sistema operativo para crear nuestra aplicación es la cuota de mercado de cada uno de ellos, ya que intentamos que la aplicación creada para este Trabajo Fin de Grado sea accesible al mayor número de usuarios.

En la Figura 2.1 podemos ver un estudio realizado por la empresa Gratner Group, donde se muestra la evolución del mercado de los sistemas operativos para móviles según el número de terminales vendidos (*"Comparativa de plataformas móviles", 2013*).

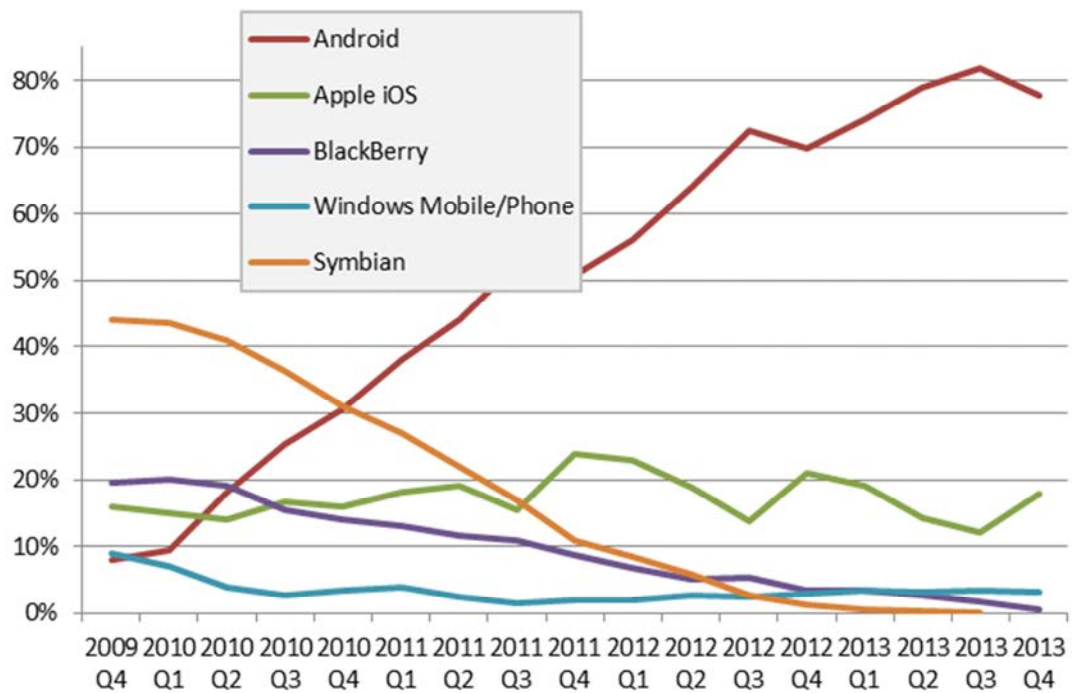


Figura 2.1 Porcentaje de teléfonos inteligentes vendidos según su sistema operativo hasta el último cuarto del 2013 en el mundo

Se ve a simple vista el gran descenso de ventas de la plataforma Symbian, siendo, ya a partir del segundo cuarto del año 2013, su porcentaje de ventas nulo. Así mismo, cabe destacar el declive continuo de BlackBerry y como la plataforma de Windows parece que no despegue.

Las dos principales plataformas en lo que se refiere a la cuota de mercados son iOS y Android, aunque la diferencia entre ellas es bastante notable, siendo Android el gran dominante sobre todos los demás sistemas operativos con un gran incremento exponencial llegando a una cuota de mercado superior al 75%, sobre el 15% en el que se mantiene Apple.

Con todo esto se llega a la conclusión de que la aplicación se implementará para dispositivos Android. Una de las principales razones para tomar esta decisión ha sido la superior cuota de mercado existente con respecto a los otros sistemas operativos móviles estudiados, debido en gran medida a la amplia variedad de dispositivos que tienen instalado Android.

2.2 Sistema operativo Android

2.2.1 Arquitectura Android

Antes de empezar a desarrollar una aplicación en Android hay que tener muy clara su arquitectura, conocer cómo está estructurado este sistema operativo.

La arquitectura de Android está formada por cuatro capas, todas ellas basadas en software libre. Cada una de las capas utiliza elementos de la capa inferior para realizar sus funciones, es por ello que a este tipo de arquitectura se le conoce también como *pila*.

Además, esta distribución permite acceder a las capas más bajas mediante el uso de librerías para que así el desarrollador no tenga que programar a bajo nivel las funcionalidades necesarias para que una aplicación haga uso de los componentes de hardware de los teléfonos (*Comunidad Androideity, 2011*).

En la Figura 2.2 podemos observar la arquitectura Android (*“Programación de aplicaciones para móviles Android”, 2013*).

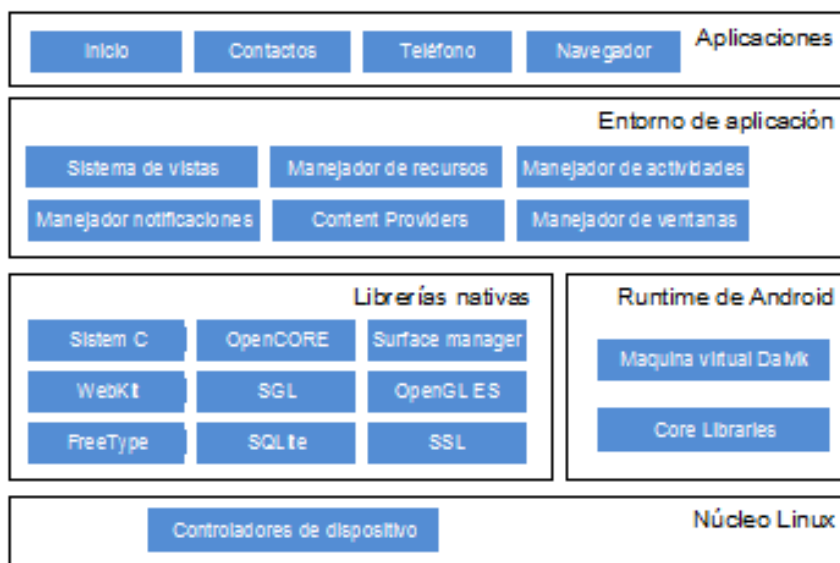


Figura 2.2. Arquitectura del sistema operativo Android

A continuación se explica más detalladamente cada una de las capas de las que está compuesta la arquitectura Android:

- **Núcleo Linux.** El núcleo de Android está formado por el sistema operativo Linux versión 2.6. Esta capa proporciona servicios como la seguridad, la gestión de

memoria, el multiproceso, la pila de protocolos y el soporte de drivers para dispositivos.

El núcleo actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila. El desarrollador no accede directamente a esta capa, sino que debe utilizar las librerías disponibles en capas superiores. Para cada elemento de hardware del teléfono existe un controlador (o driver) dentro del kernel que permite utilizarlo desde el software (*Comunidad Androideity, 2011*). Siempre que un fabricante incluye un nuevo elemento de hardware, lo primero que se debe realizar para que pueda ser utilizado desde Android es crear las librerías de control o drivers necesarios dentro de este kernel de Linux embebido en el propio Android (*Universidad Carlos III, 2014*).

Es la única capa que es dependiente del hardware.

- **Runtime de Android.** Su componente principal es la máquina virtual Dalvik. La máquina virtual Dalvik es una máquina virtual nueva creada para dispositivos Android debido a que en estos, al tener poca memoria y un procesador limitado, no es posible utilizar una máquina virtual Java estándar.

Algunas características de la máquina virtual Dalvik que facilitan optimización de recursos para poder utilizarse en dispositivos Android son:

- Ejecuta ficheros Dalvik ejecutables (.dex), que posee un formato optimizado para ahorrar memoria.
- Está basada en registros.
- Cada aplicación corre en su propio proceso Linux con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik.
- Delega al kernel de Linux algunas funciones como threading y el manejo de la memoria a bajo nivel.

También se incluye en el Runtime de Android el “core libraries” con la mayoría de las librerías disponibles en el lenguaje (*“Programación de aplicaciones para móviles Android”, 2013*).

- **Librerías nativas.** Incluye un conjunto de librerías en C o C++ usadas en varios componentes de Android y compiladas para la arquitectura hardware específica del teléfono. El objetivo de las librerías es proporcionar funcionalidad a las aplicaciones para tareas que se repiten con frecuencia, evitando tener que codificarlas cada vez y garantizando que se llevan a cabo de la forma “más eficiente” (*“Programación de aplicaciones para móviles Android”, 2013*). Muchas de las librerías utilizan proyectos de código abierto. Algunas de estas librerías son:

- *System C library:* se trata de una derivación de la librería BSD de C estándar (libc), adaptada para dispositivos embebidos basados en Linux.

- *Media Framework*: librería basada en PacketVideo's OpenCORE; soporta códecs de reproducción y grabación de multitud de formatos de audio vídeo e imágenes MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG y PNG.
 - *Surface Manager*: maneja el acceso al subsistema de representación gráfica en 2D y 3D.
 - *WebKit*: proporciona un motor para las aplicaciones de tipo navegador y forma el núcleo del actual navegador incluido por defecto en la plataforma Android. Se trata de la misma librería que utiliza Google Chrome y Safari de Apple.
 - *SGL*: motor de gráficos 2D.
 - *Librerías 3D*: implementación basada en OpenGL ES 1.0 API. Las librerías utilizan el acelerador hardware 3D en caso de que esté disponible, o el software altamente optimizado de proyección 3D.
 - *FreeType*: fuentes en bitmap y renderizado vectorial.
 - *SQLite*: potente y ligero motor de bases de datos relacionales disponible para todas las aplicaciones.
 - *SSL*: proporciona servicios de encriptación Secure Socket Layer.
- **Entorno de aplicación.** Esta capa está diseñada para la reutilización de componentes. Cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de ellas (sujetas a las restricciones de seguridad). Este mismo mecanismo permite que los componentes sean reemplazados por el usuario.

Toda aplicación que se desarrolle para Android, ya sean las propias del dispositivo, las desarrolladas por Google o terceras compañías, o incluso las que el propio usuario cree, utilizan el mismo conjunto de APIs y el mismo "framework", representado por este nivel (*Universidad Carlos III, 2014*).

Los servicios más importantes que incluye este entorno de aplicación son los siguientes:

- *Views*: Proporciona un gran número de elementos que ayudan a construir interfaces de usuario (GUI), como listas, botones, cuadros de texto, y hasta elementos más avanzados como un navegador web o un visor de Google Maps. Incluye también algunas vistas estándar para las funcionalidades más frecuentes.
- *Resource Manager*: Con esta librería se gestionarán todos los elementos que forman parte de la aplicación y que están fuera del código, es decir, cadenas de texto traducidas a diferentes idiomas, imágenes, sonidos o layouts.
- *Activity Manager*: maneja el ciclo de vida de las aplicaciones y proporciona un sistema de navegación entre ellas. Se encarga de administrar la pila de actividades de la aplicación.

- *Notification Manager*: engloba los servicios para notificar al usuario cuando algo requiera su atención mostrando alertas personalizadas en la barra de estado.
 - *Content Providers*: permite a cualquier aplicación compartir sus datos con las demás aplicaciones de Android. Gracias a esta librería, la información de contactos, los mensajes o agenda, por ejemplo, puede ser accesible por otras aplicaciones.
- **Aplicaciones.** Este nivel está formado por el conjunto de aplicaciones instaladas en una máquina Android, tanto las incluidas por defecto de Android (cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos, etc.), como aquellas instaladas por el usuario, ya sean de terceras empresas o desarrolladas por el mismo.

En esta capa encontramos también la aplicación principal del sistema: Inicio (Home) o lanzador (launcher), porque es la que permite ejecutar otras aplicaciones mediante una lista y mostrando diferentes escritorios donde se pueden colocar accesos directos a aplicaciones o incluso widgets, que son también aplicaciones de esta capa.

Normalmente, las aplicaciones están escritas en Java. Las aplicaciones preinstaladas ya en el dispositivo están programadas en Java, sin embargo, las demás aplicaciones se pueden escribir tanto en Java como en C o C++ (*Comunidad Androideity, 2011*).

Todas las aplicaciones han de correr en la máquina virtual Dalvik para garantizar la seguridad del sistema. Para desarrollar aplicaciones en Java se puede utilizar el Android SDK, y para la programación de aplicaciones en lenguaje C/C++ se puede utilizar el Android NDK (Native Development Kit) (*“Programación de aplicaciones para móviles Android”, 2013*).

Todas estas aplicaciones utilizan los servicios, las API y librerías de los niveles anteriores.

2.2.2 Versiones de Android y niveles de API

Android tiene varias versiones, por lo que antes de empezar a programar una aplicación con este sistema operativo hay que elegir la versión para la que deseamos realizarla. Hay clases y métodos que están disponibles solo a partir de una versión, por lo que es muy importante, si vamos a usar éstos, conocer la versión mínima necesaria.

Como ya mencionamos anteriormente, las nuevas plataformas lanzadas siempre han sido compatibles con las versiones anteriores. Es decir, solo se añaden nuevas funcionalidades y en el caso de modificar alguna funcionalidad no se elimina, se etiquetan como obsoletas pero se pueden continuar utilizando.

A continuación se describen las versiones lanzadas hasta la fecha con una breve descripción de las novedades introducidas. Las plataformas se identifican de tres formas alternativas: versión, nivel de API y nombre comercial. El nivel de API corresponde a números enteros comenzando desde 1. Para los nombres comerciales se han elegido postres en orden alfabético Cupcake (v1.5), Donut (v1.6), Éclair (v2.0), Froyo (v2.2), Gingerbread (v2.3), etc. Las dos primeras versiones, que hubieran correspondido a las letras A y B, no recibieron nombre (*Universidad Politécnica de Valencia, 2013*).

Android 1.0 Nivel de API 1 (Septiembre 2008)

Primera versión de Android. No tiene sentido desarrollar para esta plataforma ya que nunca se utilizó comercialmente.

Android 1.1 Nivel de API 2 (Febrero 2009)

Apenas se añadieron funcionalidades, simplemente se corrigieron errores de la versión anterior. Es la versión mínima con la que se puede trabajar a la hora de desarrollar una aplicación en Android, pero no existen casi usuarios con esta plataforma.

Android 1.5 Cupcake Nivel de API 3 (Abril 2009)

Es la primera versión con algún usuario aunque en la actualidad apenas lo usa un 0,1%. Algunas de las novedades: se incluye un soporte para teclados virtuales con predicción de texto, los terminales ya no tienen que tener un teclado físico, así como la capacidad de grabación avanzada de audio y vídeo en formatos MPEG-4 y 3GP. También aparecen los widgets de escritorio e incorpora soporte para bluetooth estéreo, por lo que permite conectarse automáticamente a auriculares bluetooth. Las transiciones entre ventanas se realizan mediante animaciones. Se agregan las características de copiar y pegar al navegador web.

Android 1.6 Donut Nivel de API 4 (Septiembre 2009)

Esta nueva versión permite al usuario capacidades de búsqueda avanzada por entrada de texto y voz. Se facilita que una aplicación pueda trabajar con diferentes

densidades de pantalla, y se facilita también la búsqueda de aplicaciones en el Android Market (lo que es ahora Google Play). Sin duda, las dos funciones más importantes que se incluyen son la incorporación de multi-touch y la incorporación de la síntesis de texto a voz.

Android 2.0 Éclair Nivel de API 5 (Octubre 2009)

La mayoría de fabricantes pasaron de la versión 1.6 a la 2.1 por lo que esta versión apenas cuenta con usuarios. En esta versión se mejora la gestión de contactos y se optimiza la velocidad del hardware. Ofrece un servicio centralizado de manejo de cuentas y varias mejoras en la cámara. En lo que se refiere a la interfaz de usuario del navegador, esta versión cuenta con soporte para HTML5. Cabe destacar la incorporación de un API para manejar el bluetooth 2.1, nueva funcionalidad que permite sincronizar adaptadores para conectarlo a cualquier dispositivo.

A continuación fue lanzada la versión 2.0.1 (Nivel de API 6), pero esta versión solo se creó para arreglar errores y hacer cambios en el comportamiento del framework.

Android 2.1 Éclair Nivel de API 7 (Enero 2010)

Esta nueva versión se considera una actualización menor por lo que conserva el nombre “Éclair”. En ella, se puede obtener información sobre la señal de la red actual que posea el dispositivo. En el paquete WebKit se incluyen nuevos métodos para manipular bases de datos almacenadas en Web. También se permite obtener permisos de geolocalización, y modificarlos en WebView. La funcionalidad más destacada es el reconocimiento de voz, permite introducir un campo de texto dictando, sin necesidad de usar el teclado.

Android 2.2 Froyo Nivel de API 8 (Mayo 2010)

Su característica más destacada es la mejora de velocidad de ejecución de las aplicaciones, siendo la ejecución del código de la CPU de 2 a 5 veces más rápido que en la versión anterior. Esto se consigue con la introducción de un nuevo compilador JIT de la máquina Dalvik.

Respecto al navegador web, se añaden varias mejoras como el soporte de Adobe Flash 10.1 y la incorporación del motor JavaScript V8 utilizado en Chrome o la incorporación del campo de “subir fichero” en un formulario.

Las nuevas funcionalidades en relación al desarrollo de aplicaciones son varias. Se permite el cambio de ubicación de las aplicaciones, pudiéndolas instalar también en el almacenamiento externo. Las aplicaciones se actualizan de forma automática cuando aparece una nueva versión. Proporciona un servicio de copia de seguridad de datos, garantizando al usuario el mantenimiento de sus datos. Por último, se facilita que las aplicaciones interaccionen con el reconocimiento de voz y que terceras partes proporcionen nuevos motores de reconocimiento.

Con esta nueva versión se puede dar acceso a Internet con el teléfono a otros dispositivos, tanto por USB como por Wi-Fi.

A partir de esta versión 2.2 se crearon otras tres versiones, 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3, con el mismo nivel de API (Nivel API 8), y no fueron importantes ya que solo surgieron para el arreglo de fallos, actualizaciones de seguridad y mejoras de rendimiento.

Android 2.3.x Gingerbread Nivel de API 9 (Diciembre 2010)

Con esta nueva versión, Android ahora soporta mayores tamaños de pantalla y resoluciones debido al gran éxito de Android en las nuevas tabletas.

Dentro de las mejoras de la interfaz de usuario destacamos la mejora de la funcionalidad de “cortar, copiar y pegar” y un teclado en pantalla con capacidad multitáctil, como la función para corregir palabras ya ingresadas mediante la voz. Así mismo se incluye soporte nativo para varias cámaras, pensado en la segunda cámara usada en videoconferencia. La incorporación de esta segunda cámara ha propiciado la inclusión de reconocimiento facial para identificar el usuario del terminal.

La máquina virtual de Dalvik introduce un nuevo recolector de basura que minimiza las pausas de la aplicación, ayudando a garantizar una mejor animación y el aumento de la capacidad de respuesta en juegos y aplicaciones similares. Se intenta corregir con esto una de las grandes deficiencias de Android, que en versiones previas no ha sido capaz de cerrar bien las aplicaciones en desuso. También se mejora la gestión de energía y control de aplicaciones.

Entre otras novedades destacan el soporte nativo para telefonía sobre Internet VoIP/SIP, el soporte para reproducción de vídeo WebM/VP8 y codificación de audio AAC, el soporte para la tecnología NFC, las facilidades en el audio, el soporte nativo para más sensores y un gestor de descargas para las descargas largas.

Android 3.0 Honeycomb Nivel de API 11 (Febrero 2011)

Esta nueva versión se lanza optimizada para dispositivos con pantallas grande, pensado para mejorar la versión de Android en tablets. La nueva interfaz de usuario es totalmente rediseñada con paradigmas nuevos para la interacción, navegación y personalización. Con el fin de adaptar mejor esta nueva interfaz, se incorporan varias características como la resolución por defecto WXGA (1280×800), escritorio 3D con widgets rediseñados, nuevos componentes y vistas, notificaciones mejoradas, arrastrar y soltar, nuevo cortar y pegar, barra de acciones para que las aplicaciones dispongan de un menú contextual siempre presente y otras características para aprovechar las pantallas más grandes.

Con esta nueva versión surge la primera versión de Android que soporta procesadores multinúcleo. La máquina virtual Dalvik ha sido optimizada para permitir multiprocesado, lo que permite una ejecución más rápida de las aplicaciones, incluso en aquellas que son de hilo único.

Se incorporan varias mejoras multimedia y se añaden nuevas alternativas de conectividad, ahora se permite conectar teclados completos por USB o Bluetooth.

A pesar de la nueva interfaz gráfica optimizada para tabletas, Android 3.0 es compatible con las aplicaciones creadas para versiones anteriores.

Android 3.1 Honeycomb Nivel de API 12 (Mayo 2011)

Permite manejar dispositivos conectado por USB. También se establece un protocolo de transferencia de fotos y vídeo (PTP/MTP) y de tiempo real (RTP).

Android 3.2 Honeycomb Nivel de API 13 (Julio 2011)

Optimizaciones para distintos tipos de tableta. Se crea el zoom compatible para aplicaciones de tamaño fijo y se permite la sincronización multimedia desde tarjetas SD.

Android 4.0.x Ice Cream Sandwich Nivel de API 14 (Octubre 2011)

La característica más importante de esta nueva versión es la unificación de las dos versiones anteriores (2.x y 3.x) en una única compatible para cualquier dispositivo, ya que cada una de ellas era para un tipo de dispositivo (una para móviles y la otra para tabletas).

Hay otras muchas características a destacar como la introducción de un nuevo interfaz de usuario totalmente renovado y la introducción de un nuevo reconocedor

facial, con el que, entre muchas otras aplicaciones, se puede usar para que el desbloqueo del teléfono solo lo pueda hacer posible el propietario del mismo. También se mejora el reconocimiento de voz y se incorpora una nueva herramienta para la edición de imágenes en tiempo real.

Algunas nuevas versiones en este mismo grupo se crean para actualizar el mantenimiento y para introducir ligeras mejoras en algunas APIs como para las redes sociales, texto a voz, bases de datos, revisor ortográfico, etc.

Android 4.1 Jelly Bean Nivel de API 16 (Julio 2012)

Otra de las debilidades de Android es la fluidez del interfaz de usuario, por ello se crea esta nueva versión. Para mejorar este punto débil se incorporan varias técnicas, como sincronismo vertical, triple búfer y aumento de la velocidad del procesador al tocar la pantalla.

En esta nueva versión se introducen varias mejoras interesantes: el dictado por voz ya puede realizarse sin conexión a Internet, aunque de momento solo en inglés. Se mejoran las notificaciones con un sistema de información expandible personalizada. Se introducen varias mejoras en Google Search. Se incorpora un nuevo soporte para usuarios internacionales: como texto bidireccional y teclados instalables. Para mejorar la seguridad, las aplicaciones son cifradas. También se permite actualizaciones parciales de aplicaciones.

Android 4.2 Jelly Bean Nivel de API 17 (Noviembre 2012)

Una de las novedades más importantes, aunque solo disponible en tabletas, es la posibilidad de crear varias cuentas de usuario en el mismo dispositivo.

Se incorporan otras nuevas funcionalidades interesantes como un nuevo teclado predictivo deslizante al estilo Swype, y una nueva aplicación de cámara que incorpora la funcionalidad Photo Sphere para hacer fotos panorámicas. Posibilidad de conectar dispositivo y TVHD mediante wifi.

Android 4.3 Jelly Bean Nivel de API 18 (Julio 2013)

Esta versión introduce mejoras en múltiples áreas. Entre ellas, unida a la nueva funcionalidad anterior de permitir varias cuentas de usuario en el mismo dispositivo, se crean los perfiles restringidos, que permiten controlar los derechos de los usuarios para ejecutar aplicaciones específicas y para tener acceso a datos específicos. Igualmente, los programadores pueden definir restricciones en las aplicaciones, que los propietarios pueden activar si quieren.

Se mejora la seguridad para gestionar y ocultar las claves privadas y credenciales, y se da soporte para OpenGL ES 3.0.

Android 4.4.x KitKat Nivel de API 19 (Octubre 2013)

Se trata de la última versión publicada hasta la fecha. Un objetivo principal de esta versión es hacer Android disponible en una gama aún más extensa de dispositivos, incluyendo aquellos con tamaños de memoria RAM de sólo 512 MB. Para ello, todos los componentes principales de Android han sido recortados para reducir sus requerimientos de memoria, y se ha creado una nueva API que permite adaptar el comportamiento de la aplicación en dispositivos con poca memoria.

Las nuevas características de la interfaz de usuario son varias: se introduce el modo de inmersión en pantalla completa que oculta todas las interfaces del sistema de tal manera que una aplicación puede aprovechar el tamaño de la pantalla completa. WebViews (componentes de la interfaz de usuario para mostrar las páginas Web) se basa ahora en el software de Chrome de Google y por lo tanto puede mostrar contenido basado en HTML5.

Hay varias funcionalidades implementadas en otras muchas áreas. Se facilita el acceso de las aplicaciones a la nube con un nuevo marco de almacenamiento. Se implementa de manera opcional y para desarrolladores la máquina virtual ART, que consigue tiempos de ejecución mucho mayores que la máquina Dalvik.

Un dato muy importante a tener en cuenta también a la hora de elegir la versión para nuestra aplicación, es la cuota de mercado de éstas. A continuación, en la Tabla 2.2 se presentan los datos recogidos a principios del mes de Julio de 2014 respecto a la cuota de mercado de las versiones actuales de Android (*“Android”, 2014*).

Versión ↕	Nombre en código ↕	Fecha de distribución ↕	API level ↕	Cuota (7 de Julio, 2014) ↕
4.4	<i>Kit Kat</i>	31 de octubre de 2013	19	17,9%
4.3	<i>Jelly Bean</i>	24 de julio de 2013	18	9,0%
4.2.x	<i>Jelly Bean</i>	13 de noviembre de 2012	17	19,7%
4.1.x	<i>Jelly Bean</i>	9 de julio de 2012	16	27,8%
4.0.x	<i>Ice Cream Sandwich</i>	16 de diciembre de 2011	15	11,4%
3.2	<i>Honeycomb</i>	15 de julio de 2011	13	<0,0%
2.3.3–2.3.7	<i>Gingerbread</i>	9 de febrero de 2011	10	13,5%
2.2	<i>Froyo</i>	20 de mayo de 2010	8	0,7%

Tabla 2.2. Cuota de mercado de las actuales versiones de Android

Comprobamos que la versión con más porcentaje de usuarios es la versión 4.1.x Jelly Bean, pero, a pesar de esto, la versión 2.3.x también la posee un número significativo de dispositivos (13,5%).

Intentamos, como ya comentamos anteriormente, que nuestra aplicación pueda ser utilizada por la mayor cantidad de usuarios posibles, pero también hay que tener en cuenta los requisitos de estas versiones para que nuestra aplicación funcione perfectamente.

Dos de las características principales a tener en cuenta para que la aplicación funcione sin problemas son el reconocimiento de voz y la transformación de texto a voz. Como ya se ha explicado anteriormente, la síntesis de texto a voz se introdujo en la versión 1.6 (Nivel de API 4), mientras que el reconocimiento de voz se introdujo en la versión 2.1 (Nivel de API 7). A pesar de que en la versión 4.1 se introdujo la posibilidad de reconocimiento de voz sin tener que hacer uso de internet, esto no es necesario para nuestra aplicación ya que esto solo se cumple para el idioma inglés y nuestra aplicación no dispone de esta opción.

Teniendo en cuenta todo esto, utilizaremos el nivel de API 10 para el desarrollo de nuestra aplicación, ya que es el mínimo con el que la mayoría de usuarios trabajan y tiene las funcionalidades mínimas necesarias.

2.3 Enfermedad de Alzheimer

La enfermedad de Alzheimer es la forma más frecuente de enfermedad neurodegenerativa. El Alzheimer tiene como síntoma inicial y característico la pérdida de memoria para los hechos recientes, preservándose durante más tiempo los recuerdos que forman parte de la memoria más remota, como pueden ser los recuerdos de juventud e infancia. Según avanza la enfermedad, van apareciendo problemas con el lenguaje, la atención, el reconocimiento, la comprensión y la realización de acciones. Las alteraciones de conducta son variadas en cuanto a tipo y frecuencia en la evolución y desarrollo de la enfermedad (*Isidro et al., 2011*).

Como acabamos de mencionar, no solo la memoria es la pérdida en el enfermo de Alzheimer, si no que con el paso del tiempo, sus capacidades cognitivas van mermando paulatinamente. A continuación se explican con más detalle cada una de estas pérdidas:

- **Memoria.** La pérdida de memoria es el principal síntoma y el más característico de esta enfermedad. Se pueden distinguir varios tipos de memoria que se ven afectados durante el transcurso de esta patología:
 - *Memoria inmediata.* Es la que utilizamos para retener información importante o necesaria durante un tiempo determinado para después poder actuar o llevar a cabo una operación definida.
 - *Memoria a corto plazo.* En este caso, el almacenamiento de datos es mayor al igual que su duración, oscilando entre unos días y varias semanas. La pérdida o deterioro de este tipo de memoria, implica que el paciente no va a ser capaz de recordar sucesos que han ocurrido recientemente.
 - *Memoria a largo plazo.* Este tipo de memoria es capaz de almacenar grandes cantidades de datos de nuestra biografía, desde hace varias semanas hasta recordar hechos lejanos, quiénes somos, qué hemos hecho, cómo ha sucedido nuestra vida. En el sujeto enfermo de Alzheimer esta memoria perdura más en el tiempo, perdiéndose más la memoria a corto plazo y hechos cercanos.
 - *Memoria de trabajo.* Es la memoria que utilizamos en nuestro día a día para realizar nuestros quehaceres cotidianos. Se correlaciona con la memoria inmediata. Las personas enfermas de Alzheimer podrán mantener esta función solo en estadios muy iniciales.
 - *Memoria episódica.* Este tipo de memoria hace referencia al recuerdo de datos y hechos concretos, de dónde y cuándo acontecen. Las personas que padecen esta enfermedad van a tener dificultades a la hora de recordar y organizar los hechos acontecidos en su vida.
 - *Memoria semántica.* Hace referencia al archivo de conocimiento conceptual.
 - *Memoria procedimental.* Está relacionada con el aprendizaje de destrezas y habilidades para realizar actividades cotidianas. El enfermo de Alzheimer, mediante la repetición de dichas actividades y creación de rutinas, puede mantener hasta cierto punto este tipo de memoria, aunque ya en fases moderadas comienza a tener fallos, sobre todo en lo que se refiere a actividades de la vida diaria.

- **Lenguaje.** La alteración del lenguaje, cada vez menos rico y fluido, es otro de los síntomas característicos de la enfermedad de Alzheimer. Podemos distinguir varias alteraciones referidas al lenguaje:
 - *Lenguaje oral.* La persona con Alzheimer comenzará a tener problemas para encontrar las palabras exactas en una conversación, presentará cada vez un lenguaje menos rico y fluido. También, le aparecen dificultades para repetir palabras que le decimos en voz alta, ya que cambian las

palabras por otras que suenan de manera parecida. El enfermo no solo tiene problemas con el lenguaje expresivo si no también comprensivo, la persona enferma tiene dificultades a la hora de comprender lo que se le quiere decir.

- *Lenguaje lecto-escrito.* Progresivamente va perdiendo la capacidad tanto de comprender lo que está leyendo, como la misma acción de leer. A su vez, en fases leves, comienzan a aparecer problemas a la hora de escribir palabras o frases.
- **Desorientación.** Otro síntoma muy característico de la enfermedad de Alzheimer es la desorientación a tres niveles:
 - *Temporal.* En la primera etapa de la enfermedad, el enfermo comienza a perder la noción de la fecha en la que nos encontramos, no reconoce el día, mes y año exacto, pero si sabe qué día de la semana es. Irá poco a poco perdiendo cualquier noción del tiempo.
 - *Espacial.* Comienza a desorientarse cuando está conduciendo o cuando va caminando por espacios que no son muy familiares o conocidos y se pierde.
 - *Personal.* El enfermo ya en fases moderadas deja de tener conocimiento de su yo y no sabe quién es él mismo.
- **Atención.** La atención es la capacidad de aplicar voluntariamente el entendimiento a un objetivo, tenerlo en cuenta o en consideración. En las personas con Alzheimer, esta función cognitiva se ve mermada.
- **Gnosias.** Es el reconocimiento del mundo que nos rodea a través de diferentes sentidos sin que estos se encuentren dañados o alterados. La enfermedad produce el no reconocimiento de caras, colores, formas, perspectivas, sonidos, olores, sabores, objetos y funciones asociadas.
- **Praxia.** Incapacidad de realizar un gesto o un movimiento voluntario dirigido a un fin. Podemos diferenciar varios tipos de praxia:
 - *Ideomotora.* Es la incapacidad para realizar gestos simples automatizados ni a la orden ni por imitación.
 - *Ideatoria.* La persona será incapaz de realizar una secuencia de movimientos o gestos encadenados entre sí y no podrá hacer un uso adecuado de los objetos cotidianos.
 - *Constructiva.* Incapacita la construcción en el espacio, como puede ser la escritura, el dibujo, realización de puzzles, etc.

- **Calculo.** La capacidad de cálculo en las personas enfermas de Alzheimer se va a ver también deteriorada.
- **Esquema corporal.** El esquema corporal es la imagen corporal o representación que cada uno tiene de su propio cuerpo, sea en un estado de reposo o en movimiento. Esta concepción del cuerpo, la posición y sus diferentes partes está deteriorada en los enfermos de Alzheimer.

A continuación se muestra una figura con el resumen de lo explicado anteriormente (Figura 2.3) (Isidro et al., 2011).

Síntomas cognitivos	
Pérdida de memoria	Pérdida de recuerdos más recientes, conservando mejor aquellos más lejanos
Pérdida en la capacidad de comunicación	Dificultad para encontrar las palabras adecuadas, mantener una conversación fluida, comprender órdenes, leer y escribir
Desorientación	De tres tipos: espacial, temporal y personal
Aprosexia	Incapacidad para mantener la atención
Agnosia	Dificultad para el reconocimiento de los estímulos que reciben del exterior a través de los sentidos sin que estos se encuentren dañados
Apraxia	Incapacidad para realizar movimientos con una intención. De tres tipos: ideomotora, ideatoria y constructiva.
Pérdida de la capacidad de cálculo	En primer lugar, para resolver problemas complejos y el manejo de dinero y, posteriormente, para las operaciones aritméticas más sencillas.
Pérdida del esquema corporal	Falta de noción del propio cuerpo, sus diferentes partes y la posición que estas ocupan con respecto al resto

Figura 2.3. Cuadro resumen de los síntomas cognitivos en la enfermedad de Alzheimer

2.3.1 Rehabilitación

Como ya citamos anteriormente, hay dos tipos de tratamientos para personas enfermas de Alzheimer: tratamiento farmacológico y tratamiento no farmacológico. En nuestro caso, como es de esperar, hablaremos del tratamiento no farmacológico.

Algunos de los principales tratamientos no farmacológicos que se utilizan hoy en día se pueden observar en la Tabla 2.3 (De los Reyes et al., 2012).

Tipo	Tratamiento/Técnica	¿En qué consiste?
TRATAMIENTOS COGNITIVOS	Estimulación cognitiva	Estimulación individualizada, adaptada a las necesidades cognitivas del paciente, para rehabilitar funciones alteradas.
	Aprendizaje sin error	Impedir a los sujetos que cometan errores durante el aprendizaje de una nueva tarea o la adquisición de una nueva información.
	Recuperación espaciada	Presentación de estímulos con un intervalo creciente, incrementando así la retención y evocación de información específica a través del tiempo.
	Imaginería visual	Solicitar al sujeto que preste atención a detalles visuales específicos de la información que debe aprender, o que genere una imagen mental del objeto que le es presentado en modalidad verbal.
	Disminución de pistas	Dar al paciente pistas para la evocación de la información. Estas pistas disminuyen sistemáticamente a medida que el sujeto va aprendiendo, hasta que desaparecen por completo.
	Ayudas externas	Sustitución de funciones cognitivas perdidas por diferentes herramientas.
INTERVENCIONES PSICOSOCIALES	Terapia de orientación a la realidad	Presentación constante de la información relacionada con la orientación en tiempo, lugar y persona.
	Terapia de validación	Aplicación de técnicas basadas en una actitud de respeto y empatía por los adultos con EA.
	Terapia de reminiscencia	Estimulación para el recuerdo de experiencias pasadas a través de fotografías, videos, canciones, ropas, periódicos, cartas o cualquier otro elemento.
	Método Montessori	Trabajo a través del análisis de tareas, la repetición guiada y la progresión paulatina de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto.
	Terapia intergeneracional	Implementación de programas en los que los pacientes con demencia enseñan a niños a realizar diferentes actividades de la vida diaria u otras habilidades.
OTRAS INTERVENCIONES	Psicomotricidad y actividad física	Utilización del ejercicio físico y otras actividades motrices guiadas para estimular vías sensoriales y motoras.
	Musicoterapia	Utilización de la música para el manejo de diferentes síntomas presentes en la EA.
	Arteterapia	Utilización de diferentes formas de arte como método de expresión en pacientes con EA.
	Modificaciones ambientales	Realización de modificaciones en el entorno del paciente con EA para disminuir el riesgo de accidentes y impacto de sus déficit en las Actividades de la vida diaria.
	Dietas y cambio de hábitos alimenticios	Seguimiento de dietas de restricción calórica y disminución de grasas saturadas, para disminuir la presencia de radicales libres en el organismo.

Tabla 2.3. Principales tratamientos no farmacológicos para la enfermedad de Alzheimer

Teniendo en cuenta los tratamientos citados, la aplicación creada estará basada en estimulación cognitiva y aprendizaje sin error. Para esto se han utilizado una serie de ejercicios recomendados en varias guías de rehabilitación.

Los tipos de actividades para la estimulación de las capacidades cognitivas, recomendados por varios expertos se citan a continuación. Estas actividades serán divididas por las categorías expuestas anteriormente.

- Memoria.
 - Memoria inmediata.
 - Repetición de lista de palabras.
 - Repetir lo que va diciendo la tele.
 - Memoria a corto plazo.
 - Juegos en los que el paciente tenga que buscar parejas de imágenes.
 - Leer noticias en el periódico, verlas en la televisión y relatar una historia y que pasado un tiempo el enfermo tenga que recordar la noticia o contestar alguna pregunta al respecto.
 - Mostrar fotografías, imágenes de revistas, dibujos y que, pasado un rato, el paciente recuerde el mayor número de cosas posibles.
 - Recordar acontecimientos cotidianos.
 - Memoria a largo plazo.
 - Recogida de datos personales.
 - Recuerdo biográfico.
 - Recordar lugares o personas de su vida pasada a través de fotografías o vídeos.
 - Hablar sobre el trabajo, el pueblo donde han vivido, el colegio, juegos de cuando eran pequeños...
 - Recuerdo del pasado a través de objetos.
- Lenguaje.
 - Lenguaje oral.
 - Decir los meses, las estaciones del año o los días de la semana.
 - Evocar series numéricas.
 - Nombrar objetos que aparecen en diferentes fotografías.
 - Definición de palabras.
 - Decir palabras que empiecen por una letra o una sílaba.
 - Hacer categorías de palabras.
 - Sinónimos y antónimos.
 - Asociación de palabras.

- Mantener conversaciones sobre temas que interesen al enfermo y que le motiven para hablar.
 - Mostrarle fotografías o dibujos y pedir que cuente qué es lo que ve, que lo describa.
 - Repetición de palabras, frases, sílabas, letras y números.
 - Dar órdenes sencillas y que las realice.
 - Uso del lenguaje no verbal para comprender dichas órdenes.
- Lenguaje lecto-escrito.
 - Ejercicios de lectura.
 - Comprensión lectora.
 - Ejercicios de escritura (redacción, dictado, copia de frases, etc.).
- Orientación.
 - Orientación temporal.
 - Disponer en la estancia donde mayor tiempo pase el enfermo un calendario en el que se indique el día de la semana, número, mes y año.
 - Decorar el entorno según la estación del año.
 - Realizar fiestas, reuniones o comidas relacionadas con la época en las que se encuentre.
 - Orientación espacial.
 - Apuntar en algún lugar visible en que ciudad vive, dirección, etc.
 - Señalar con carteles las diferentes estancias de la casa.
 - Orientación personal.
 - Crear un diario de vida.
 - Hacer un árbol genealógico.
- Atención.
 - Búsqueda de elementos concretos entre un grupo de elementos variados.
 - Búsqueda de un elemento concreto dentro de un dibujo o fotografía.
 - Búsqueda de diferencias entre dos imágenes.
 - Resolución de laberintos.
- Gnosias.
 - Vista.
 - Reconocimiento de imágenes gráficas.
 - Reconocimiento de imágenes mediante el visionado de su sombra o contorno.
 - Reconocimiento de letras y números.
 - Discriminación figura-fondo.
 - Reconocimiento de colores entre una lista de ellos.
 - Decir de qué color es la imagen u objeto mostrado.
 - Separar la imagen u objeto según sea su color, forma o tamaño.

- Reconocimiento de caras de personajes conocidos.
 - Reconocimiento de rostros de personas de su entorno cercano a través de fotografías.
 - Reconocimiento de expresiones faciales.
- Tacto.
 - Reconocimiento de objetos cotidianos.
 - Reconocimiento de letras y números en relieve.
 - Diferencia de las diferentes texturas de objetos.
- Oído.
 - Reconocimiento de sonidos.
 - Evocar e imitar diferentes sonidos.
 - Reconocimiento de canciones.
- Olfato y gusto.
 - Reconocimiento de diferentes alimentos a través de su olor o degustación.
 - Diferenciación de salado, dulce, amargo, ácido, etc.
 - Reconocimiento de diferentes olores.
- Praxias.
 - Ideomotora.
 - Realizar movimientos simples, como lavarse los dientes, peinarse, abrocharse la camisa, saludar.
 - Imitación de gestos sencillos.
 - Ideatoria.
 - Realizar toda una secuencia de movimientos.
 - Constructiva.
 - Realización de puzles.
 - Copia de dibujos o figuras.
 - Terminación de una figura incompleta.
 - Realización de dibujos o figuras sencillas.
 - Copias de partes de dibujos: simetrías.
- Cálculo.
 - Resolución de problemas matemáticos.
 - Simular o realizar en casa los cálculos previos a realizar la compra.
 - Realizar cuentas sencillas.
 - Ordenar números según su valor numérico.
 - Reconocer números pares e impares.
 - Contar de dos en dos, de tres en tres o restar.
 - Contar de 1 a 10 o al revés.
 - Utilizar juegos como el bingo o el parchís, donde tengan que ir contando.
- Esquema corporal.

- Tocarse diferentes partes del cuerpo.
- Darle instrucciones a realizar con las diferentes partes del cuerpo.
- Mostrarle un dibujo de una figura humana y que señale las diferentes partes del cuerpo.
- Identificar en que parte del cuerpo se coloca cada prenda de vestir.

Todas estas actividades se realizan para estimular las capacidades cognitivas, pero no son solo estas las pérdidas de las personas con Alzheimer, sino que también sufren problemas físicos y alteraciones emocionales y/o comportamentales, por ello, aparte de los ejercicios citados, también hay que hacer ejercicios para la estimulación sensorial y la estimulación física.

Para la realización de esta aplicación se han consultado varias guías orientadas a enfermos de Alzheimer, de donde se han sacado ejercicios y ejemplos para realizar una aplicación que les sirva de ayuda en el estímulo de sus capacidades cognitivas.

La variedad de guías para este tipo de enfermedad es inmensa. Después de hacer un estudio sobre muchas de ellas, se exponen a continuación varias de las guías que, por su contenido, se han encontrado más interesantes:

- ***“ACTIVIDADES PARA PERSONAS CON ALZHEIMER”*** (Más vida Red, 2013): guía en la que se citan varias actividades para realizar con el enfermo y una serie de páginas donde se pueden encontrar ejercicios para realizar con lápiz y papel.
- ***“Guía práctica para familiares de enfermos de Alzheimer”*** (Isidro et al., 2011): el objetivo de esta guía es ayudar a los familiares de enfermos de Alzheimer, explicando la enfermedad, como transcurre y facilitando actividades beneficiosas para el enfermo. Da también, recomendaciones a la hora de cuidar al enfermo.
- ***“Ejercicios para potenciar la memoria de enfermos de Alzheimer”*** (Grupo Grünenthal España, 2013): el objetivo de este manual es estimular las capacidades cognitivas de personas con demencia a través de los diferentes ejercicios propuestos contenidos en el mismo.
- ***“Rehabilitación Cognitiva en pacientes con Enfermedad de Alzheimer”*** (De los Reyes et al., 2012): artículo en el que se hace una revisión detallada de las diferentes técnicas y/o tratamientos cognitivos que se utilizan en la rehabilitación de las alteraciones cognitivas de personas con enfermedad de Alzheimer.

2.3.2 Aplicaciones similares

Antes de comenzar a desarrollar la aplicación, es necesario hacer un estudio de las aplicaciones creadas para la enfermedad del Alzheimer, ya que no queremos crear algo que ya esté hecho. Al realizar esta investigación nos dimos cuenta de la pequeña cantidad de aplicaciones en español desarrolladas para este tipo de enfermedad. La gran mayoría son aplicaciones para la localización del enfermo, sin embargo, los resultados son escasos cuando se buscan aplicaciones para el estímulo cognitivo del enfermo.

Todos sabemos que aplicaciones para desarrollar la memoria, el cálculo, la resolución de problemas, hay en abundancia, pero lo que buscamos son aplicaciones orientadas a enfermos de Alzheimer, es decir, la dificultad tiene que ser mínima, y los ejercicios estar agrupados para el desarrollo de todas sus funciones posibles.

A continuación se enumeran las aplicaciones disponibles en español, creadas para enfermos de Alzheimer:

- **Tweri.** Aplicación dirigida a familiares y cuidadores de enfermos de Alzheimer. Es un localizador que permite establecer unos límites de seguridad para los paseos que la persona pueda dar, basados en un tiempo máximo que puede estar fuera y/o un radio máximo de distancia. La aplicación puede instalarse tanto en dispositivos Android como en iPhone, y es gratuita en ambos casos (*"Tweri", 2013*). La Figura 2.4 muestra una captura de pantalla de la aplicación.



Figura 2.4. Pantalla de la aplicación Tweri en la que se establecen los límites de seguridad basados en un radio máximo

- **i-Alzheimer.** Creada por la Fundación Alzheimer España (*"Fundación Alzheimer España"*, 2014), ofrece a los cuidadores y familiares de enfermos de Alzheimer recomendaciones básicas para gestionar con éxito las actividades diarias del familiar (*"i-Alzheimer"*, 2012). Esta aplicación está disponible para dispositivos Android y Apple, para ambos con un coste de 1,39€. En la Figura 2.5 se muestra la pantalla principal de esta aplicación.



Figura 2.5. Pantalla principal de la aplicación i-Alzheimer

- **[re]membr.** Aplicación pensada tanto para el enfermo como para su cuidador o familiar. A los cuidadores y familiares les permite un mayor seguimiento y control de sus actividades, mientras al enfermo le permite orientarse en un hogar, identificándole lugares, productos y situaciones (*"Remembr"*, 2012). Esta aplicación está disponible de manera gratuita tanto para Android como para iOS. En la Figura 2.6 se muestra una imagen de una de las pantallas de la aplicación.



Figura 2.6. Pantalla de la aplicación [re]membr

- **Refresh my memory.** No es una aplicación orientada solamente a enfermos de Alzheimer pero es una gran ayuda para ellos ya que les permite recordar donde han dejado las cosas por casa. Se dan de alta los objetos y las habitaciones, y se asocian dibujando sobre la foto de la habitación donde se encuentra el objeto (*"Refresh my memory"*, 2014). Es una aplicación de Android gratuita disponible en español, inglés y francés. En la Figura 2.7 se muestra un ejemplo de la aplicación de cómo se muestran donde se sitúan los objetos en una de las ubicaciones de la casa.



Figura 2.7. Ejemplo de pantalla de la aplicación Refresh my memory

Una aplicación muy interesante lanzada por Indra es **"Mis recuerdos"**. Esta aplicación estimula los recuerdos del enfermo a través de la asociación de imágenes, videos, textos y música a personas cercanas, así como a lugares que conozcan y que también puedan estar vinculados a importantes vivencias de los usuarios. A parte de esto, esta aplicación también es un servicio de localización que envía un SMS de forma automática a alguna persona cercana al paciente en caso de que la persona salga de un perímetro establecido, informándole de su ubicación actual (*"Mis recuerdos"*, 2013). La aplicación aún no está en el mercado ya que está en fase de validación con casos reales.

Hay varias aplicaciones de geolocalización que no están creadas con el objetivo de que sus usuarios sean enfermos de Alzheimer pero que también sirven para ellos. Algunas de estas aplicaciones son "Localízalo", "rescataME", "Encuentrame",

“No me dejes perder” y “VisualMe” (*Pérez, J.M., 2013*). Todas ellas en español, son aplicaciones que envían la localización de la persona, algunas de ellas avisando cuando el usuario salga del perímetro establecido, otras basta con que se pulse un botón para enviar la localización, etc. Hay muchas aplicaciones de este estilo que se pueden usar con el fin de tener al enfermo siempre localizado.

Capítulo 3

Descripción general del sistema

En este capítulo se describen las características fundamentales del conjunto de módulos que conforman el sistema desarrollado: funcionalidad, arquitectura y esquema general de bloques. Finalmente, se analizan las distintas herramientas utilizadas así como los recursos necesarios para su desarrollo.

3.1 Presentación del sistema

La aplicación desarrollada para este Trabajo Fin de Grado ofrece al usuario una serie de ejercicios que se enumeran a continuación. Dichos ejercicios están divididos en 6 categorías:

- Ejercicios para la orientación
- Ejercicios para la memoria
 - Ejercicios para memoria inmediata
 - Ejercicios para memoria a corto plazo
 - Ejercicios para memoria a largo plazo
- Ejercicios para mantener la atención
- Ejercicios de gnosias
 - Percepción del color
 - Caras
 - Percepción de formas
- Ejercicios de lenguaje
 - Lectura
 - Fluidez verbal
- Ejercicios de funciones ejecutivas
 - Razonamiento
 - Resolución de problemas

Cada uno de estos ejercicios se explica en detalle en el siguiente capítulo. La Figura 3.1 representa gráficamente los tipos de ejercicios generales ofrecidos.

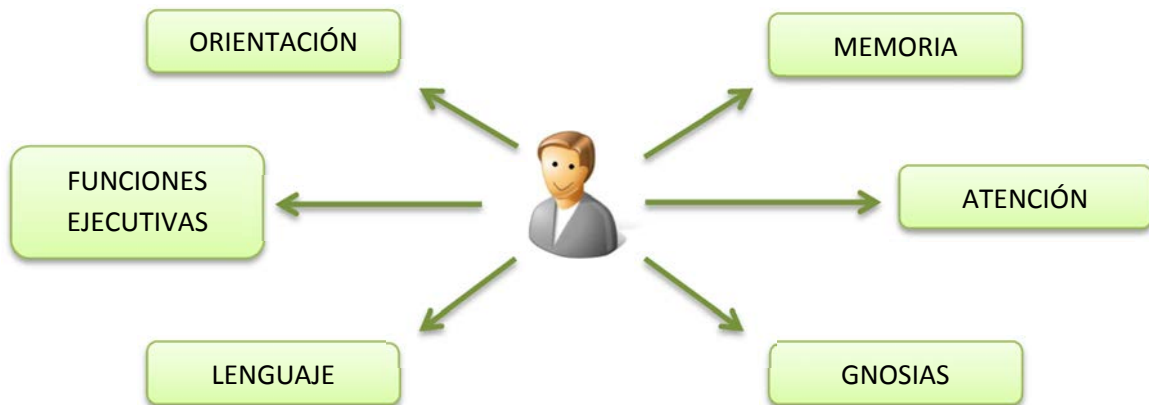


Figura 3.1. Ejercicios ofrecidos por la aplicación desarrollada para el Trabajo Fin de Grado

Dentro de cada uno de los apartados se encuentran varios ejercicios relacionados con el tema elegido. A partir de que el usuario elija el tema deseado, empezará la interacción con el sistema.

La aplicación desarrollada para este Trabajo Fin de Grado permite la interacción multimodal, esto quiere decir que el usuario interactúa de manera distinta dependiendo del ejercicio en el que se encuentre. En unos ejercicios es necesario utilizar el teclado del dispositivo para la inserción de texto, otros se basarán en el reconocimiento de voz, y otros simplemente en la selección mediante la pantalla táctil.

En todo momento la aplicación enviará mensajes al usuario para hacerle la navegación durante la misma más fácil. Con estos mensajes el usuario sabrá si la resolución del ejercicio es correcta o incorrecta, y también cuando los ejercicios de la categoría elegida finalizan.

3.2 Herramientas del sistema

A continuación se especifican las herramientas empleadas para poder llevar a cabo el desarrollo del Trabajo Fin de Grado. Ninguna de las herramientas utilizadas ha tenido que ser comprada ya que todas son de código abierto (open source).

3.2.1 Eclipse

Eclipse es el programa principal necesario para el desarrollo de este Trabajo (*"Eclipse", 2014*). Es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto multiplataforma.

Para el desarrollo de esta aplicación se ha utilizado la versión de Eclipse 'Eclipse IDE for Java EE Developers', paquete que incluye ya instalado el plugin de desarrollo, Android Development Toolkit (ADT). Además, incluye también otra carpeta con el SDK de Android, del que hablaremos más adelante.

El recurso está disponible en la página oficial de Eclipse (*"Descarga Eclipse", 2014*), totalmente gratuito ya que, como hemos mencionado anteriormente, es un programa de código abierto.

3.2.1.1 SDK Android

Como hemos mencionado en el apartado anterior, en el paquete de Eclipse utilizado ya viene incluido también el SDK de Android, necesario para poder implementar las aplicaciones desarrolladas en Android con Eclipse.

Debido a que el proyecto está compilado con la versión de Android 4.4.2, es necesario tener descargado el paquete de dicha versión o el de una versión superior.

Esta herramienta incluye también Android Virtual Devices (AVD), es decir, dispositivos Android emulados con los que se pueden depurar las aplicaciones y realizar pruebas sobre las mismas.

3.2.1.2 Sistema de ficheros

En la Figura 3.2, observamos la arquitectura de un proyecto Android en Eclipse. Estos proyectos se organizan en diferentes carpetas, explicadas a continuación.

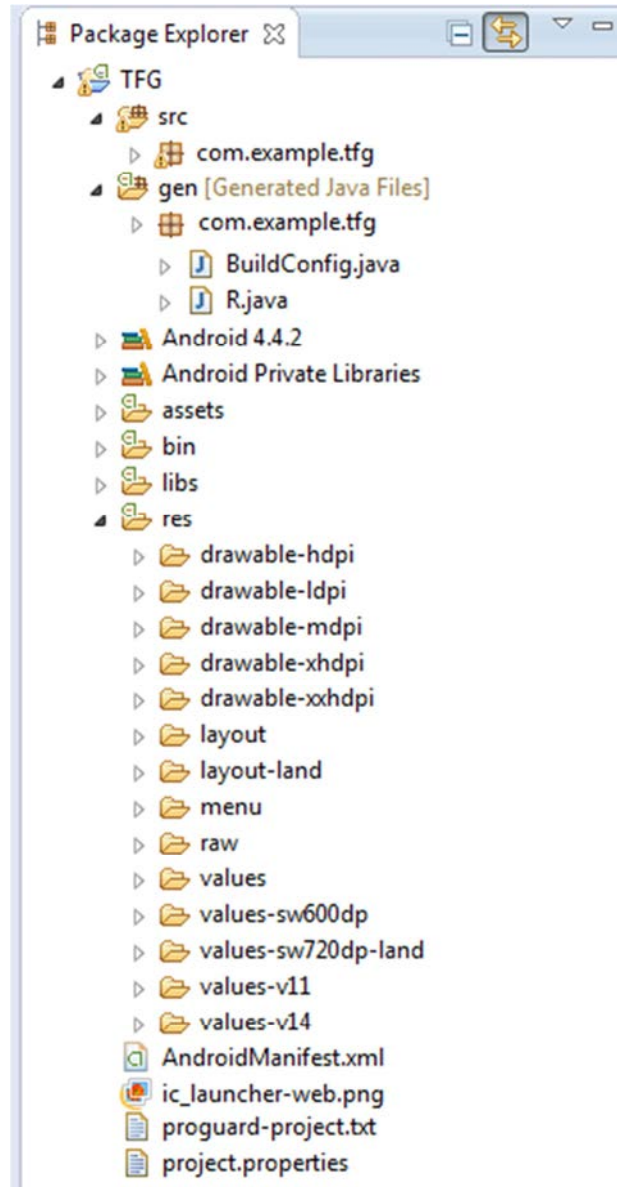


Figura 3.2. Estructura del sistema de ficheros de un proyecto Android desarrollado con Eclipse

En la primera de las carpetas, *src*, es donde se encuentra todo el código fuente Java de la aplicación, es decir, la Actividad principal y el resto de clases creadas. Estas Actividades implementan el funcionamiento que debe tener cada una de las interfaces de la aplicación. Por cada interfaz, existe su correspondiente Actividad.

El archivo *R.java*, ubicado en la carpeta *gen*, nos permite acceder a los recursos ubicados en la carpeta *res* desde cada una de las actividades, mediante el uso de identificadores. En la carpeta *gen* es donde se va colocando el código generado.

A continuación aparecen los archivos *jar* que vamos a necesitar para la versión de API específica, en este caso se trata de Android 4.4.2 como ya había comentado anteriormente.

Los ficheros que se empaquetan con la aplicación para instalarse en el dispositivo se ubican en la carpeta *assets*. Son ficheros como por ejemplo, en mi caso, el tipo de letra determinado que quieras ponerle a la aplicación.

La carpeta *bin* contiene la aplicación compilada, dentro de esta carpeta se almacena un archivo con extensión *.apk* que es el ejecutable de la aplicación que se instalará en el dispositivo, y en la carpeta *libs* se encuentran las bibliotecas externas para nuestra aplicación.

En la carpeta *res* se almacenan los diferentes tipos de recursos que utiliza la aplicación. Dentro de *res* encontramos 4 subcarpetas: *drawable*, *layout*, *raw* y *values*. La primera de ellas es la encargada de guardar las imágenes, la segunda contiene un fichero *xml* con las vistas de cada actividad, en la carpeta *raw* es donde se almacenan los archivos de texto utilizados en la aplicación, algo muy utilizado en este Trabajo Fin de Grado, y por último, la última carpeta almacena estilos, cadenas de caracteres, etc. El archivo *AndroidManifest.xml* describe características importantes de la aplicación. Por ejemplo, los permisos que necesita, la versión mínima de la plataforma, de que partes se compone (*activitys*, *intents*, *services*), etc.

La función del fichero *proyect.properties* es comprobar la versión del dispositivo en el que se instala la aplicación. Su contenido es generado automáticamente por el SDK y no debe ser modificado (*"Cursos adrformación", 2014*).

3.3 Recursos necesarios para el sistema

En este apartado se especifican los recursos necesarios para alguno de los ejercicios incluidos en este Trabajo Fin de Grado, haciendo una breve descripción de cada uno de ellos.

3.3.1 Google Voice Recognizer

Es un sistema de reconocimiento de voz integrado en el sistema operativo Android por primera vez para la versión 2.1 (nivel de API 7), y ha ido mejorando con la llegada de nuevas versiones (*"Programación de aplicaciones para móviles Android"*, 2013).

El funcionamiento del reconocimiento de voz se basa en la búsqueda de una relación directa entre una onda de sonido y un texto (*Peter Norvig, 2011*).

Google Voice Recognizer se trata de un servicio gratuito que no requiere conexión a Internet. Para versiones de Android anteriores a la versión 4.1 es necesaria la conexión a internet para que este recurso funcione en todos los idiomas, pero a partir de dicha versión para el inglés ya no es necesaria la conexión a internet (*Universidad Politécnica de Valencia, 2013*). Esta es una de las muchas mejoras que ha sufrido, pero otra muy importante también es que ya reconoce hasta 5 idiomas distintos (inglés, francés, italiano, alemán, español).

Este reconocedor de voz se activa cuando el usuario pulse sobre un determinado botón, y se desactiva cuando el usuario pulse el botón que aparece en el cuadro de diálogo del reconocedor o cuando el usuario se quede en silencio. En la Figura 3.3 vemos un ejemplo de un cuadro de reconocedor de voz.

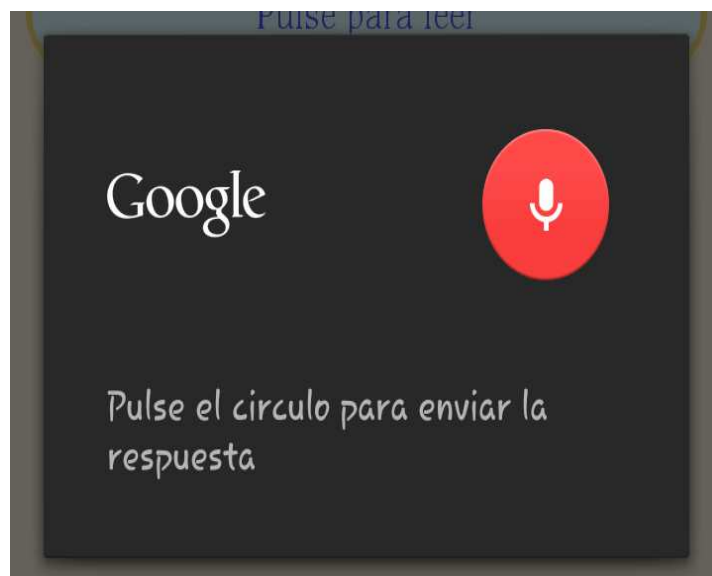


Figura 3.3. Reconocedor de voz implementado en la aplicación desarrollada para el Trabajo Fin de Grado

Para poder hacer uso de este recurso debemos importar la librería 'android.speech.RecognizerIntent' de Android.

3.3.2 Google Text To Speech

Es un sistema que permite la conversión de un texto previamente introducido a una señal de voz artificial. Como en el caso anterior, TTS es un recurso integrado en el sistema operativo Android. Este recurso se integró para la versión Android 1.6 (nivel de API 4), y a partir de esta se ha ido mejorando (*Universidad Politécnica de Valencia, 2013*).

La principal mejora de este sistema es la variedad de voces para reproducir el texto introducido, ya que en la primera de sus versiones simplemente tenía una voz, y sin embargo ahora tiene varias voces en alta definición.

Para poder utilizar este sistema debemos importar la librería 'android.speech.tts.TextToSpeech' de Android.

Capítulo 4

Descripción detallada de los módulos del sistema

En este capítulo se analizan los módulos de la aplicación desarrollada. Se dividen en categorías y dentro de cada una de ellas se describen las funcionalidades que se proporcionan y sus escenarios de uso. Por último, se explica la manera de introducir nuevas versiones de ejercicios.

4.1 Módulo Inicio

4.1.1 Funcionalidad

El módulo Inicio es la segunda interfaz con la que se encuentra el usuario al acceder a la aplicación. No se hace mención de la primera como un módulo individual ya que simplemente es una pantalla intermedia para no acceder directamente al Módulo Inicio de la aplicación.

En este módulo es donde el usuario elige la categoría de ejercicios que quiere realizar. Dependiendo de la categoría elegida, este módulo le llevará a un tipo de ejercicios o a otros.

En la Figura 4.1 se puede visualizar la interfaz correspondiente a este módulo.



Figura 4.1. Interfaz correspondiente al módulo Inicio

4.1.2 Escenarios de uso

En la figura 4.2 se muestra el escenario de uso de este módulo Inicio. La letra 'S' indica las acciones realizadas por el sistema, mientras que la letra 'U' muestra las acciones realizadas por el usuario.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Inicio.
U:	Elige una categoría de ejercicios.
S:	La aplicación lleva al usuario a los ejercicios que corresponden a la categoría elegida.

Figura 4.2. Escenario de uso del módulo Inicio. Elección de categoría de ejercicios

4.2 Ejercicios de Orientación

En esta categoría de ejercicios se incluyen dos ejercicios. Los enfermos de Alzheimer sufren una gran desorientación tanto espacial, como temporal, como personal. Estos ejercicios trabajan la desorientación temporal, cada uno de ellos de una manera distinta.

4.2.1 Módulo Orientación 1

Este módulo es el primero de los ejercicios del apartado “Ejercicios de Orientación”. En este ejercicio el usuario debe contestar a 5 preguntas relacionadas con la desorientación temporal.

La Figura 4.3 muestra la interfaz de este módulo.

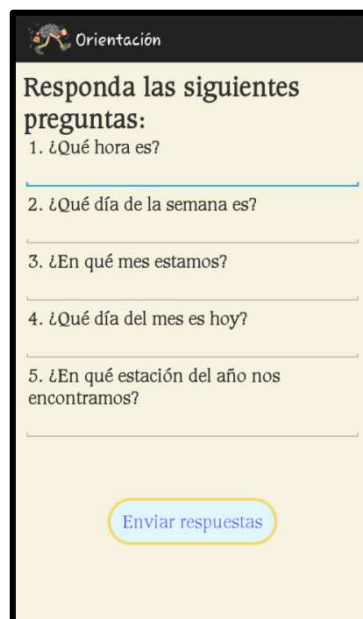
La imagen muestra una interfaz de usuario en un formato de pantalla vertical. En la parte superior, hay un encabezado con un icono de una persona y el título "Orientación". Debajo, se pide al usuario que responda a las siguientes preguntas. Hay cinco preguntas numeradas, cada una con un campo de entrada de texto debajo de ella. Las preguntas son: 1. ¿Qué hora es?, 2. ¿Qué día de la semana es?, 3. ¿En qué mes estamos?, 4. ¿Qué día del mes es hoy?, y 5. ¿En qué estación del año nos encontramos?. En la parte inferior de la interfaz, hay un botón redondeado con el texto "Enviar respuestas".

Figura 4.3. Interfaz del Módulo Orientación 1

Cuando el usuario conteste a las preguntas deberá pulsar el botón de “Enviar respuestas”. Deberá contestar todas las preguntas, si esto no se cumple y pulsa el botón el ejercicio no le permitirá seguir ya que para que la aplicación compruebe las respuestas se tiene que haber dado una respuesta a todas las preguntas. En la Figura 4.4 podemos observar la interfaz en el momento en el que el usuario intenta enviar las respuestas sin haber completado todas.

Orientación

Responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hora es?
22:42
2. ¿Qué día de la semana es?
lunes
3. ¿En qué mes estamos?
4. [Oculto por mensaje]
5. ¿En qué estación del año nos encontramos?

Debe completar todas las preguntas

Enviar respuestas

Figura 4.4. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario no contesta todas las preguntas

Cuando el usuario rellena todas las respuestas y pulsa el botón, la aplicación hace una comprobación de cada una de las respuestas para saber cuáles son erróneas y cuáles correctas. Después de hacer esta comprobación, las respuestas erróneas se volverán rojas y las correctas verdes, y la aplicación lanzará un mensaje para avisar al usuario de que hay alguna respuesta incorrecta. En la Figura 4.5 podemos ver la interfaz de esta situación.

Orientación

Responda las siguientes preguntas:

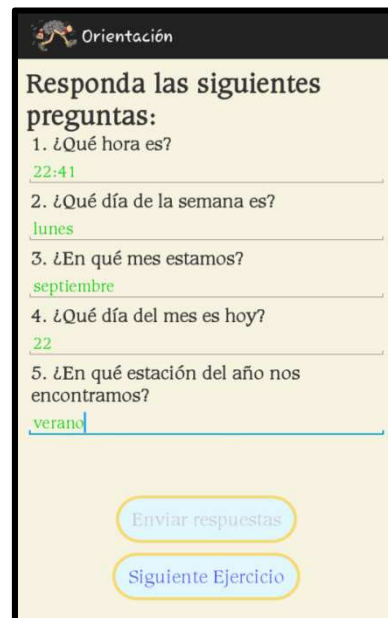
1. ¿Qué hora es?
22:42
2. ¿Qué día de la semana es?
lunes
3. ¿En qué mes estamos?
4. [Oculto por mensaje]
5. ¿En qué estación del año nos encontramos?
otoño

Alguna respuesta incorrecta

Enviar respuestas

Figura 4.5. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario ha contestado alguna de las preguntas de manera incorrecta

Por último, cuando el usuario contesta todas las preguntas correctamente, se hace visible el botón de “Siguiente Ejercicio” y el botón de “Enviar respuestas” se inhabilita. Hasta que el usuario no contesta bien todas las preguntas no es posible continuar al siguiente ejercicio. En la Figura 4.6 observamos como todas las respuestas son correctas, ya que están todas en verde, y observamos que ahora aparece el nuevo botón.



The screenshot shows a mobile application interface titled 'Orientación'. It contains a list of five questions, each followed by a green text input field indicating a correct answer. The questions and answers are: 1. '¿Qué hora es?' with answer '22:41'; 2. '¿Qué día de la semana es?' with answer 'lunes'; 3. '¿En qué mes estamos?' with answer 'septiembre'; 4. '¿Qué día del mes es hoy?' with answer '22'; 5. '¿En qué estación del año nos encontramos?' with answer 'verano'. At the bottom, there are two buttons: 'Enviar respuestas' (disabled, grey) and 'Siguiente Ejercicio' (active, blue).

Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué hora es?	22:41
2. ¿Qué día de la semana es?	lunes
3. ¿En qué mes estamos?	septiembre
4. ¿Qué día del mes es hoy?	22
5. ¿En qué estación del año nos encontramos?	verano

Figura 4.6. Interfaz del módulo Orientación 1 cuando el usuario contesta todas las preguntas correctamente

El botón “Siguiente Ejercicio” es el encargado de llevar al usuario al siguiente ejercicio dentro de la categoría en la que se encuentre, en este caso al siguiente ejercicio de la categoría Orientación.

Esta metodología de ejercicio será la que se cumpla en todos los ejercicios en los que el usuario deba contestar a varias preguntas, completar varias frases o enumerar una serie de palabras. Es el caso de los ejercicios Memoria 1, Memoria 2, Lenguaje 1 y Lenguaje 2, por tanto, en estos ejercicios ya no se repetirá el funcionamiento de cada uno de ellos.

En las Figuras 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran los escenarios de uso a los que hemos hecho referencia.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Orientación 1.
U:	Contesta a las preguntas pero no completa todas ellas y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S:	La aplicación lanza un mensaje de aviso porque debe completar todas las respuestas.

Figura 4.7. Escenario de uso del módulo Orientación 1. No completar todas las respuestas

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Orientación 1.
U:	Contesta a todas las preguntas y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S:	La aplicación hace una comprobación de las respuestas dadas por el usuario pero hay alguna errónea. Se indican en color rojo las respuestas erróneas y en verde las respuestas correctas.

Figura 4.8. Escenario de uso del módulo Orientación 1. Introducir alguna respuesta errónea

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Orientación 1.
U:	Contesta a todas las preguntas y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S:	La aplicación hace una comprobación de las respuestas dadas por el usuario y son todas correctas. Se indican en color verde todas las respuestas y se habilita el botón "Siguiente Ejercicio".
U:	Pulsa el botón "Siguiente Ejercicio".
S:	La aplicación le lleva al siguiente ejercicio de Orientación .

Figura 4.9. Escenario de uso del módulo Orientación 1. Introducir todas las respuestas correctas

Como ya he comentado, estos escenarios de uso también serán los mismos en los ejercicios de otras categorías mencionados anteriormente.

4.2.2 Módulo Orientación 2

El Módulo Orientación 2 es el módulo en el que se encuentra el segundo y último ejercicio de la categoría Orientación. En este ejercicio también se trabajará la orientación temporal a partir de la elección de una imagen entre 4 opciones posibles, en las que aparece en cada una de ellas un reloj con una hora diferente, y el usuario tiene que saber a qué hora se realiza la acción mencionada en el enunciado.

En la Figura 4.10 observamos la interfaz de este módulo.

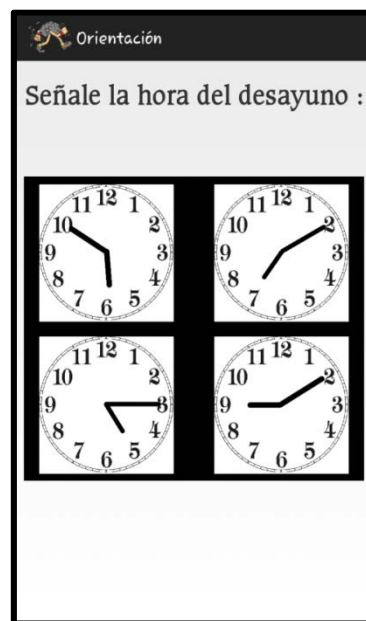


Figura 4.10. Interfaz del módulo Orientación 2

En este ejercicio, para contestar bastará con pulsar en la imagen que el usuario piense que es correcta. Si se elige una de las opciones incorrectas la aplicación mostrará un mensaje avisando de ello. En la Figura 4.11 podemos observar la interfaz del módulo en el caso que el usuario elija una opción no válida.

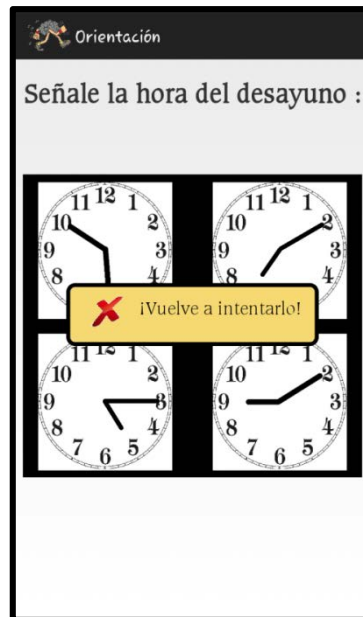


Figura 4.11. Interfaz del módulo Orientación 2 cuando el usuario elige una opción incorrecta

Si el usuario elige la opción correcta, entonces se mostrará un cuadro de diálogo indicándole que ha finalizado los ejercicios de Orientación y dándole la opción de volver al menú principal. Un ejemplo de este caso lo podemos ver en la Figura 4.12.



Figura 4.12. Interfaz del módulo Orientación 2 cuando elige la opción correcta

Si el usuario pulsa el botón “Volver al menú de Ejercicios” la aplicación le llevará al menú principal para que elija otro tipo de Ejercicio y pueda seguir practicando.

Como en el caso anterior, esta metodología se repite en otros ejercicios como por ejemplo Memoria 4 y Gnosias 3, por ello no se volverá a detallar su funcionamiento.

En las Figuras 4.13 y 4.14 se representan los escenarios de uso ya comentados.

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Orientación 2.
U: Elige una de las imágenes que se muestran.
S: La aplicación revisa que imagen ha sido pulsada y ésta ha sido errónea, por lo que se lanza un mensaje de aviso.

Figura 4.13. Escenario de uso del módulo Orientación 2. No elegir la imagen correcta

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Orientación 2.
U: Elige una de las imágenes que se muestran.
S: La aplicación revisa que imagen ha sido pulsada y ésta ha sido la correcta. Aparece un cuadro de diálogo que te da la opción de volver al menú principal.

Figura 4.14. Escenario de uso del módulo Orientación 2. Elegir la opción correcta

4.3 Ejercicios de Memoria

Esta categoría está compuesta por 4 ejercicios, en ellos se trabajará la memoria inmediata, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo. En cada uno de ellos se hará más hincapié en cada uno de estos tipos.

4.3.1 Módulo Memoria 1

El primer ejercicio de memoria se divide en dos módulos, el primero realiza la lectura de un texto y en el segundo se requiere responder a unas preguntas sobre el mismo. Por tanto, hablaremos de cada uno de ellos por separado.

4.3.1.1 Módulo Memoria 1 Historias

Como hemos comentado, este ejercicio es el primer ejercicio de la categoría de Memoria. Es un ejercicio en el que primero hay que leer la historia y después habrá que contestar a unas preguntas relacionadas con ésta. La intención de este ejercicio es desarrollar la memoria a corto plazo del paciente.

En este módulo en concreto es en el que aparece la historia sobre la que se van a hacer preguntas en el módulo que vamos a explicar a continuación de éste.

El interfaz de este módulo nada más ser cargado lo podemos observar en la Figura 4.15.

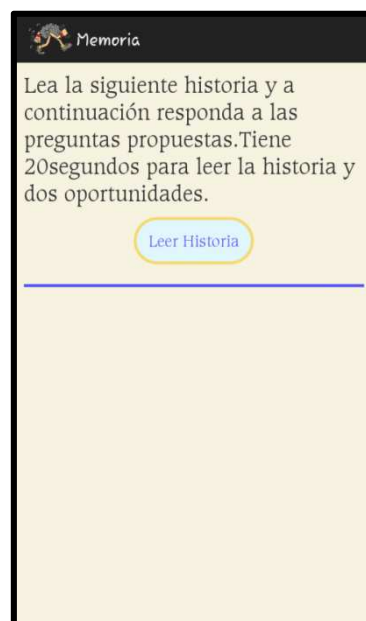


Figura 4.15. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia nada más ser cargado

Podemos comprobar que nada más cargarse el módulo solo aparecen las instrucciones del ejercicio. Esto es así porque la historia tiene un límite de tiempo para ser leída, y ese tiempo no queremos que sea malgastado en leer las instrucciones.

Si leemos las instrucciones del ejercicio, vemos que nos avisa del tiempo límite que disponemos para leer la historia y también nos avisa de que la historia solo puede ser leída dos veces. Es decir, cuando pasen esos 20 segundos el módulo nos llevará al módulo donde se encuentran las preguntas y desde aquí podré volver al módulo de la historia pero solamente una vez más.

Para leer la historia debemos pulsar el botón “Leer Historia”, en este momento la historia aparecerá y estos 20 segundos empezarán a contarse.

La interfaz de este módulo con la historia se puede observar en la Figura 4.16.

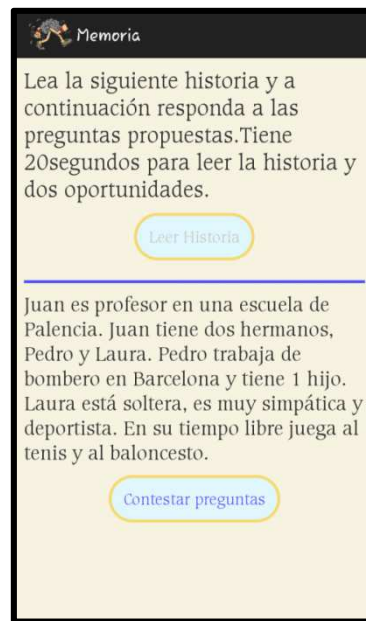


Figura 4.16. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia con la historia cargada

Si han pasado 20 segundos y el usuario no ha pulsado el botón “Contestar preguntas”, la aplicación le llevara automáticamente al módulo en el que se encuentran éstas. Si el usuario quiere acceder antes de que pasen estos 20 segundos a la contestación de las preguntas, con pulsar ese mismo botón la aplicación te conduce a ellas.

Cuando es la segunda vez que el usuario va a leer la historia, es decir, porque se encuentra en la pantalla de las preguntas y quiere leer de nuevo la historia, en este caso desaparecen las instrucciones del ejercicio, quedando la interfaz que podemos observar en la Figura 4.17.

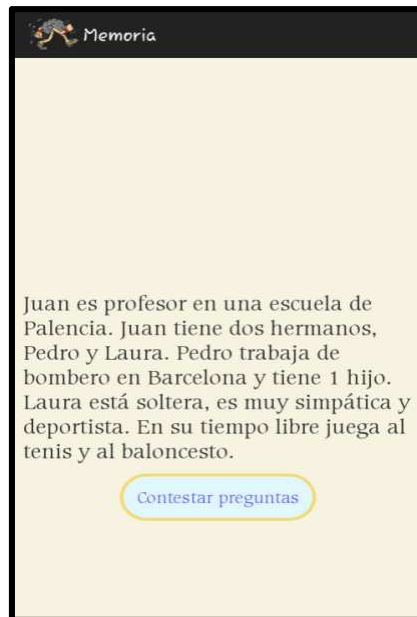


Figura 4.17. Interfaz del módulo Memoria 1 Historia la segunda vez que se accede a leer la historia

Comprobamos en las Figuras 4.18 y 4.19 los escenarios de uso descritos.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Memoria 1 Historia.
U:	Pulsa el botón "Leer Historia" para leer la historia.
S:	Carga la historia y comienza el contador de los 20 segundos. Cuando acaban estos 20 segundos la aplicación envía al usuario automáticamente al módulo donde aparecen las preguntas.

Figura 4.18. Escenario de uso del módulo Memoria 1 Historia. El usuario está leyendo la historia y pasan los 20 segundos

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Memoria 1 Historia.
U:	Pulsa el botón “Leer Historia” para leer la historia.
S:	Carga la historia y comienza el contador de los 20 segundos.
U:	Pulsa el botón “Contestar Preguntas”.
S:	La aplicación lleva al usuario al módulo donde aparecen las preguntas.

Figura 4.19. Escenario de uso del módulo Memoria 1 Historia. El usuario pulsa el botón “Contestar preguntas” antes de que hayan pasado los 20 segundos

4.3.1.2 Módulo Memoria 1 Preguntas

Este módulo se corresponde a las preguntas de la historia del módulo explicado en el apartado anterior.

La primera vez que se accede a esta pantalla el botón “Leer texto de nuevo” está habilitado ya que como se ha comentado en el apartado anterior se permite leer la historia dos veces pero, cuando pulsamos este botón y leemos la historia por segunda vez este botón se deshabilita para que el usuario no tenga la opción de leer la historia de nuevo. En la Figura 4.20 y en la Figura 4.21 vemos las interfaces de estas dos situaciones.

The screenshot shows a mobile application interface titled 'Memoria'. It contains a list of six questions, each followed by a text input field:

1. ¿Cómo se llama el protagonista de la historia?
2. ¿Dónde está la escuela en la que trabaja el protagonista?
3. ¿Cuántos hermanos tiene?
4. ¿De qué trabaja Pedro?
5. ¿A su hermana le gusta el deporte?
6. ¿A qué juega Laura en su tiempo libre?

At the bottom of the screen, there are two buttons: 'Enviar respuestas' (highlighted with a yellow border) and 'Leer texto de nuevo' (highlighted with a blue border).

Figura 4.20. Interfaz del módulo Memoria 1 Preguntas cuando se accede por primera vez

The screenshot shows a mobile application interface titled 'Memoria' with a small icon of a person's head. Below the title, there are six numbered questions, each followed by a text input field:

1. ¿Cómo se llama el protagonista de la historia?
2. ¿Dónde está la escuela en la que trabaja el protagonista?
3. ¿Cuántos hermanos tiene?
4. ¿De qué trabaja Pedro?
5. ¿A su hermana le gusta el deporte?
6. ¿A qué juega Laura en su tiempo libre?

At the bottom of the screen, there are two buttons: 'Enviar respuestas' (highlighted with a yellow border) and 'Leer texto de nuevo' (highlighted with a light blue border).

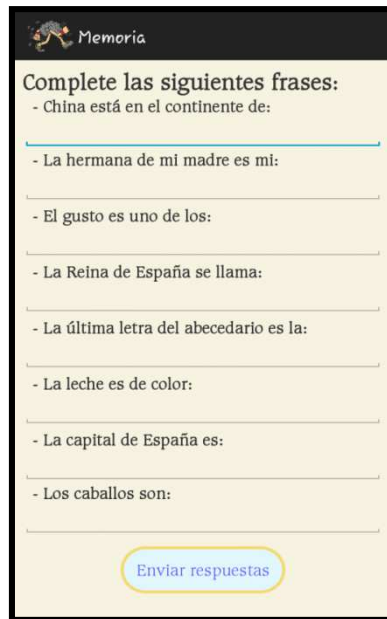
Figura 4.21. Interfaz del módulo Memoria 1 Preguntas cuando se accede después de leer la historia por segunda vez

A partir de aquí, tanto el funcionamiento y como los escenarios de uso son iguales al módulo Orientación 1.

4.3.2 Módulo Memoria 2

Este módulo es el referido al segundo ejercicio de memoria. Dicho ejercicio se basa en una serie de frases inacabadas que el usuario tendrá que finalizar con su respuesta. El objetivo de este ejercicio es el desarrollo de la memoria a largo plazo ya que con estas frases el paciente intenta recordar hechos lejanos, situaciones con las que trata el día a día pero que lo aprendió hace muchos años, etc.

La Figura 4.22 muestra la interfaz de este módulo.



The screenshot shows a mobile application interface titled 'Memoria' with a small icon of a person's head. Below the title, it says 'Complete las siguientes frases:'. There are eight sentences, each followed by a text input field:

- China está en el continente de:
- La hermana de mi madre es mi:
- El gusto es uno de los:
- La Reina de España se llama:
- La última letra del abecedario es la:
- La leche es de color:
- La capital de España es:
- Los caballos son:

At the bottom of the screen is a yellow button with the text 'Enviar respuestas'.

Figura 4.22. Interfaz del módulo Memoria 2

El funcionamiento de este ejercicio de nuevo se asimila al funcionamiento del módulo Orientación 1, así como sus escenarios de uso.

4.3.3 Módulo Memoria 3

Este módulo se corresponde con el tercer ejercicio de la categoría “Ejercicios de Memoria”. El ejercicio se basa en una serie de palabras reproducida mediante la funcionalidad TTS y que el usuario tendrá que escribir a continuación correctamente. Con este ejercicio se trabaja la memoria inmediata del enfermo ya que tiene que ir escribiendo las palabras según las va escuchando. Esta serie de palabras se le permitirá escucharla dos veces ya que a la segunda vez pulsado el botón “Pulsa para escuchar” éste se deshabilitará.

En la Figura 4.23 vemos el interfaz de este módulo cuando el usuario ya ha pulsado dos veces el botón “Pulsa para escuchar”.

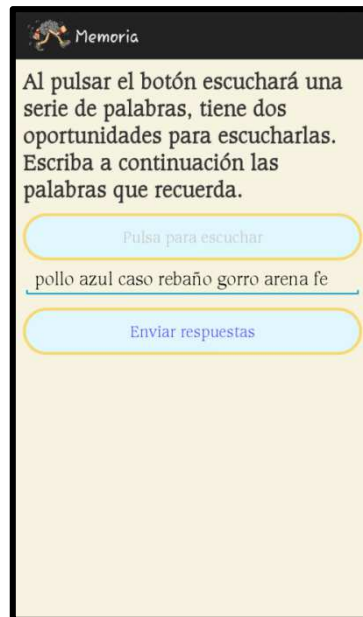


Figura 4.23. Interfaz del módulo Memoria 3

El usuario deberá escribir todas las palabras dichas en la serie ya que si no lo hace y pulsa el botón “Enviar respuestas”, la aplicación lanzará un aviso y no comprobará las palabras escritas. Esto lo podemos observar en la Figura 4.24.

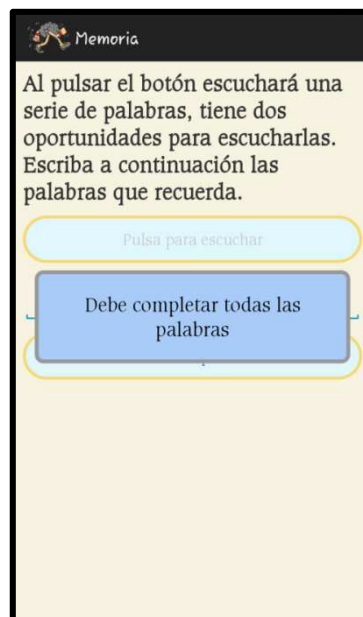


Figura 4.24. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario no escribe todas las palabras

Al escribir las 10 palabras escuchadas, al pulsar el botón “Enviar respuestas” la aplicación ya sí que comprobará estas. Las palabras se escribirán a continuación, en color verde las correctas y en rojo las incorrectas. Si hay alguna palabra incorrecta la

aplicación lanzará un mensaje para alertar al usuario de ello. En la Figura 4.25 observamos la interfaz del módulo cuando hay alguna respuesta incorrecta.

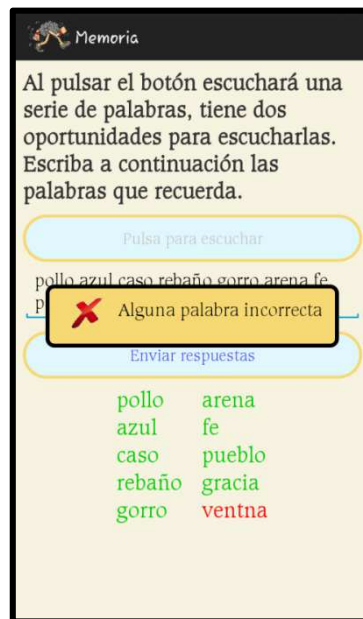


Figura 4.25. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario escribe alguna palabra errónea

El usuario debe escribir todas palabras correctamente para que la aplicación le permita continuar con el siguiente ejercicio. Cuando esto suceda, todas las palabras aparecerán en verde y el botón “Siguiente Ejercicio” se hará visible. Un ejemplo de esta situación lo comprobamos en la Figura 4.26.

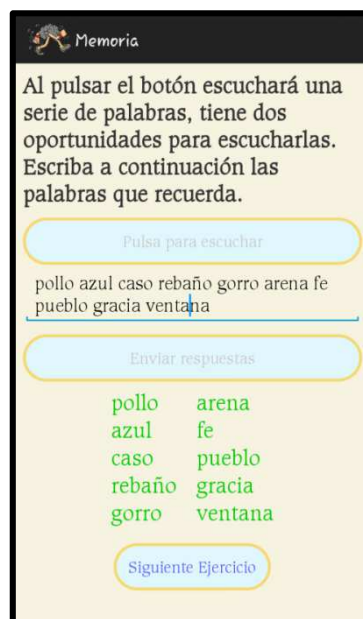


Figura 4.26. Interfaz del módulo Memoria 3 cuando el usuario escribe todas las palabras correctas

Cuando el usuario pulsa el botón “Siguiente Ejercicio” la aplicación le trasladará a este al siguiente ejercicio de la categoría “Ejercicios de Memoria”.

En las figuras 4.27, 4.28 y 4.29 se muestran los escenarios de uso comentados anteriormente.

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Memoria 3.

U: Escribe alguna palabra pero no completa toda la serie y pulsa el botón “Enviar respuesta”.

S: La aplicación lanza un mensaje de aviso porque debe completar todas las palabras.

Figura 4.27. Escenario de uso del módulo Memoria 3. No escribir todas las palabras de la serie

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Memoria 3.

U: Escribe todas las palabras y pulsa el botón “Enviar respuesta”.

S: La aplicación hace una comprobación de las palabras dadas por el usuario pero hay alguna errónea. Se lanza un mensaje de aviso y se indican en color rojo las palabras erróneas y en verde las palabras correctas.

Figura 4.28. Escenario de uso del módulo Memoria 3. Escribir todas las palabras pero alguna incorrecta

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Memoria 3.

U: Escribe todas las palabras y pulsa el botón “Enviar respuesta”.

S: La aplicación hace una comprobación de las palabras dadas por el usuario y son todas correctas. Se indican en color verde todas las palabras y se hace visible el botón “Siguiente Ejercicio”.

U: Pulsa el botón “Siguiente Ejercicio”.

S: La aplicación le lleva al siguiente ejercicio de Memoria.

Figura 4.29. Escenario de uso del módulo Memoria 3. Escribir todas las palabras correctas

4.3.4 Módulo Memoria 4

Con este módulo se finalizan los ejercicios de la categoría “Ejercicios de Memoria”. Es el último y cuarto ejercicio de esta categoría y su objetivo es trabajar la memoria a largo plazo a través de 4 imágenes, de las que 3 están relacionadas y otra no, y el enfermo tendrá que acertar cuál de ellas es la que no está relacionada.

En la Figura 4.30 se contempla la interfaz de este módulo.

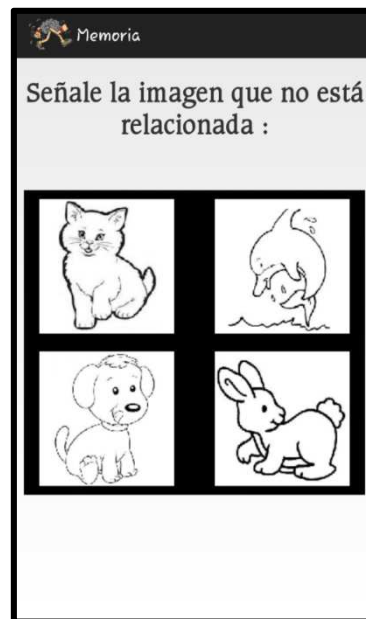


Figura 4.30. Interfaz del módulo Memoria 4

El funcionamiento y los casos de uso de este ejercicio son similares a los explicados en el ejercicio Orientación 2 por lo que no se volverá a detallar de nuevo.

4.4 Ejercicios de Atención

La pérdida de atención es uno de los síntomas que sufren los enfermos de Alzheimer, por ello, a partir de esta serie de dos ejercicios se pretende mantener activa la atención del enfermo.

4.4.1 Módulo Atención 1

El primero de los ejercicios de la categoría “Ejercicios de Atención” se basa en la ordenación de 12 imágenes.

En la Figura 4.31 se muestra la interfaz de este módulo.

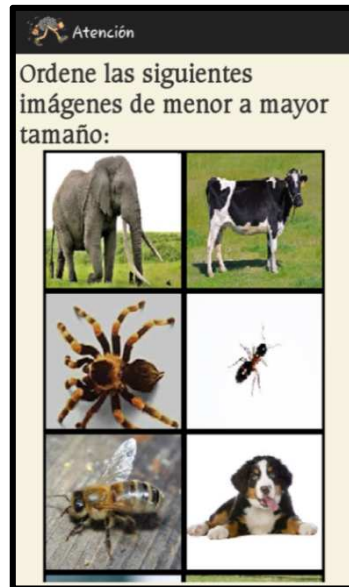


Figura 4.31. Interfaz del módulo Atención 1

Las imágenes deben ser ordenadas al ir tocando cada una de ellas. Si te confundes en alguna de ellas la aplicación lanza un mensaje de aviso del fallo, esta situación se muestra en la Figura 4.32.



Figura 4.32. Interfaz del módulo Atención 1 cuando el usuario pulsa una imagen incorrecta

Cuando el usuario termina de ordenar toda la serie, la aplicación envía a éste a otra módulo en el que se muestran todas las imágenes ordenadas y el botón “Siguiente Ejercicio” para darle la opción al usuario de continuar con el siguiente ejercicio. Este módulo se llama Memoria 1 Resultado, en la Figura 4.33 observamos la interfaz de dicho módulo.

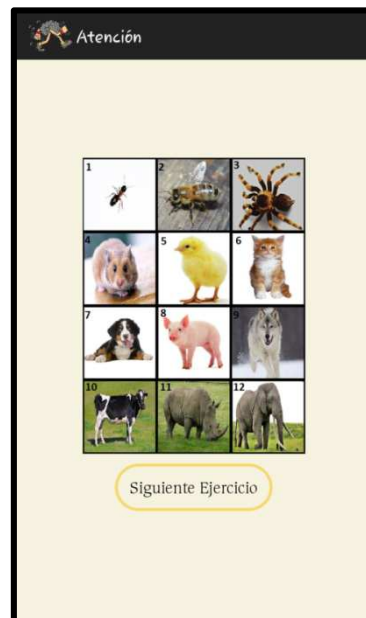


Figura 4.33. Interfaz del módulo Atención 1 Resultado

El mismo funcionamiento que este ejercicio lo tiene el ejercicio de funciones Ejecutivas 3, por ello que no volveremos a repetir ni su funcionamiento ni sus casos de uso.

En la Figura 4.34 y 4.35 se muestran los escenarios de uso de este módulo.

- | | |
|----|--|
| S: | Carga la interfaz correspondiente al módulo Atención 1. |
| U: | Ordena las imágenes pero al tocar una de ellas se equivoca. |
| S: | La aplicación lanza un mensaje de aviso para informar de este error. |

Figura 4.34. Escenario de uso del módulo Atención 1. No elegir la imagen correcta

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Atención 1.
U:	Ordena todas las imágenes correctamente.
S:	La aplicación le envía a otro módulo en el que están las imágenes ordenadas y el botón "Siguiendo Ejercicio".
U:	Pulsa el botón "Siguiendo Ejercicio".
S:	La aplicación envía al usuario al siguiente ejercicio de la categoría "Ejercicios de Memoria".

Figura 4.35. Escenario de uso del módulo Atención 1. Elección de todas las imágenes correctamente

4.4.2 Módulo Atención 2

Este ejercicio es el segundo y último de la categoría "Ejercicios de Atención". En él se incluyen varias imágenes, siendo 3 imágenes distintas éstas se repiten varias veces, y el usuario tendrá que seleccionar todas las que sean del tipo que se indica en el enunciado. El objetivo de este ejercicio es que el enfermo desarrolle su atención mirando bien todas las imágenes para saber cuál debe seleccionar y cuál no.

En la Figura 4.36 se muestra la interfaz de este módulo.

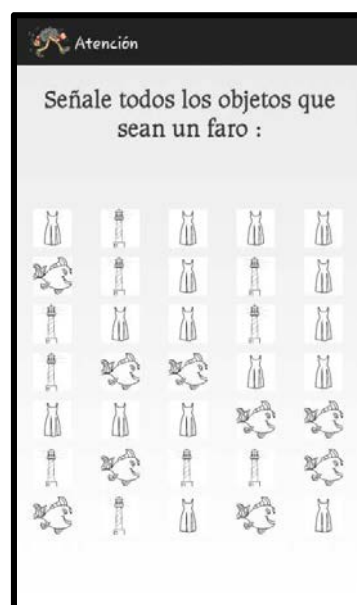


Figura 4.36. Interfaz del módulo Atención 2

Cuando el usuario pulsa una imagen que no es la que se le pide en el enunciado, la aplicación lanza un mensaje de aviso al usuario dándole otra oportunidad. Esta situación se puede observar en la Figura 4.37.



Figura 4.37. Interfaz del módulo Atención 2 cuando el usuario se equivoca de imagen

Cada vez que el usuario pulsa una de las imágenes correctas, estas se transforman en un 'tick' indicando al usuario que es correcta. Cuando el usuario marca todas las imágenes del tipo que le marca el enunciado, aparecerá un cuadro de diálogo que le dará la opción de volver al menú inicial ya que ha finalizado los ejercicios de Atención con éxito. En la Figura 4.38 podemos comprobar la interfaz con este cuadro de diálogo.



Figura 4.38. Interfaz del módulo Atención 2 cuando el usuario elige todas las imágenes correctas

Los escenarios de uso ya comentados se comprueban en la Figura 4.39 y 4.40.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Atención 2.
U:	Pulsa una imagen incorrecta.
S:	La aplicación lanza un mensaje de aviso.

Figura 4.39. Escenario de uso del módulo Atención 2. No elegir la imagen correcta

S:	Carga la interfaz Atención 2.
U:	Pulsa todas las imágenes correctamente.
S:	Transforma la imagen correcta en un tick cada vez que pulsa cada una de ellas y cuando están todas seleccionadas, la aplicación muestra un cuadro de diálogo dando la opción al usuario de volver al menú principal.

Figura 4.40. Escenario de uso del módulo Atención 2. Elegir todas las imágenes correctas

4.5 Ejercicios de Gnosias

El objetivo de los ejercicios de esta categoría es intentar que los enfermos desarrollen más sus sentidos, en particular, en estos ejercicios vamos a intentar que el usuario desarrolle el sentido de la vista. Esta categoría está formada por 4 tipos de ejercicios.

4.5.1 Módulo Gnosias 1

En este ejercicio lo que el enfermo tiene que hacer es distinguir un color y a continuación escribir el color de algunos objetos y cosas.

La primera parte del ejercicio se basa en adivinar el color por el que pregunta el enunciado. La interfaz de esta primera parte se puede observar a continuación en la Figura 4.41.

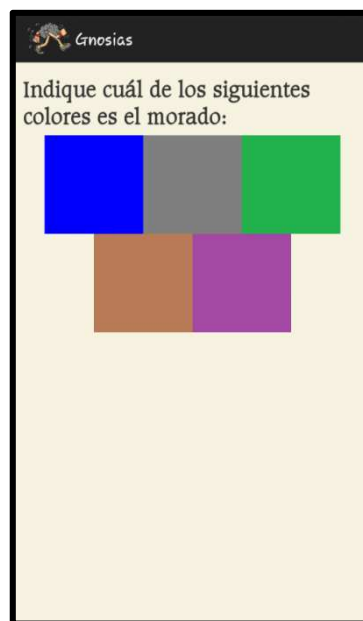


Figura 4.41. Interfaz del módulo Gnosias 1 nada más cargar el ejercicio

Cuando el usuario contesta tocando el color correcto, se cargará la segunda parte del ejercicio donde, como hemos comentado, tendrá que decir de qué color son una serie de objetos y cosas. Esta nueva interfaz del ejercicio la podemos observar en la Figura 4.42.

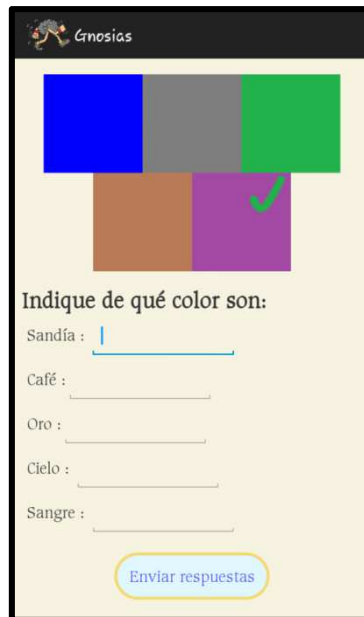


Figura 4.42. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario responde con éxito la primera parte del ejercicio

El usuario deberá completar todos los colores que se preguntan ya que si no, al pulsar el botón “Enviar respuestas” la aplicación lanzará un mensaje y no le dejará continuar al siguiente ejercicio. En la Figura 4.43 observamos el mensaje lanzado por la aplicación al no contestar todos los colores.



Figura 4.43. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario no completa todos los colores

Si el usuario completa todos los colores pero alguno de estos es erróneo, la aplicación también lanzará un mensaje avisándole de esto y no permitiéndole

continuar con el siguiente ejercicio, también, para hacerle más fácil el ejercicio, se marcarán en verde los que sean correctos y en rojo los incorrectos. Esto lo podemos comprobar en la Figura 4.44.

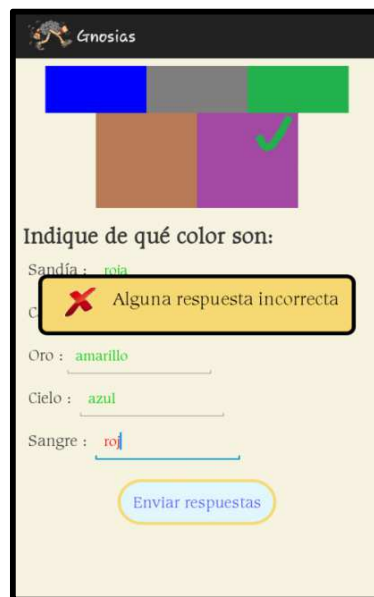


Figura 4.44. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario completa de manera errónea alguno de los colores

Por último, cuando ya el usuario contesta todos los colores de forma correcta, se deshabilita el botón “Enviar respuestas” y la aplicación ya le permite continuar con el siguiente ejercicio haciéndole visible el botón “Siguiente Ejercicio”, cuando el usuario pulsa este botón, la aplicación le lleva directamente al ejercicio siguiente. Podemos ver la interfaz en este caso en la Figura 4.45.



Figura 4.45. Interfaz del módulo Gnosias 1 cuando el usuario contesta correctamente todos los colores

Los escenarios de uso de los que hemos hablado anteriormente se pueden observar en la Figura 4.46, 4.47, 4.48 y 4.49.

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Gnosias 1.
U: Elige el color indicado en el enunciado.
S: Carga ahora también la segunda parte del ejercicio.

Figura 4.46. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Elegir el color adecuado

S: Carga la interfaz completa correspondiente al módulo Gnosias1.
U: Escribe alguno de los colores pero no todos y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S: La aplicación lanza un mensaje de aviso porque debe completar todas las palabras.

Figura 4.47. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. No escribir todos los colores pedidos

S: Carga la interfaz completa correspondiente al módulo Gnosias1.
U: Escribe todos los colores y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S: La aplicación hace una comprobación de los colores dadas por el usuario pero hay alguno erróneo. Se lanza un mensaje de aviso y se indican en color rojo los erróneos y en verde los correctos.

Figura 4.48. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Escribir todos los colores pero alguno de ellos erróneo

S:	Carga la interfaz completa correspondiente al módulo Gnosias1.
U:	Escribe todos los colores y pulsa el botón "Enviar respuesta".
S:	La aplicación hace una comprobación de los colores dados por el usuario y son todos correctos, se hace visible el botón "Siguiete Ejercicio".
U:	Pulsa el botón "Siguiete Ejercicio".
S:	La aplicación le lleva al siguiente ejercicio de Gnosias.

Figura 4.49. Escenario de uso del módulo Gnosias 1. Escribir todos los colores de forma correcta

4.5.2 Módulo Gnosias 2

Este módulo se corresponde con el segundo ejercicio de la categoría "Ejercicios de Gnosias". En este ejercicio lo que hay que hacer es adivinar el estado de ánimo de la persona que aparezca en la imagen que se muestra entre 3 opciones posibles, triste, contento o enfadado.

En la Figura 4.50 se muestra la interfaz de este módulo.



Figura 4.50. Interfaz del módulo Gnosias 2

El usuario simplemente tiene que elegir una opción pulsando sobre ella. Si el usuario pulsa una de las opciones incorrectas la aplicación lanzará un mensaje de aviso dándole otra oportunidad. La Figura 4.51 muestra la interfaz de este módulo cuando el usuario se equivoca de opción.



Figura 4.51. Interfaz del módulo Gnosias 2 cuando el usuario pulsa una opción incorrecta

Cuando el usuario acierta, se hará visible el botón "Siguiente ejercicio" para darle a éste la posibilidad de continuar con el siguiente ejercicio de Gnosias. La Figura 4.52 muestra la interfaz de esta situación.



Figura 4.52. Interfaz del módulo Gnosias 2 cuando el usuario elige la opción correcta

El primer ejercicio de Funciones Ejecutivas tendrá el mismo funcionamiento por lo que no se volverá a explicar de nuevo en detalle.

Los escenarios de uso mencionados para este módulo se pueden observar en la Figura 4.53 y 4.54.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Gnosias 2.
U:	Elige una opción, y ésta es incorrecta.
S:	La aplicación lanza un mensaje de aviso dándole otra oportunidad.

Figura 4.53. Escenario de uso del módulo Gnosias 2. Elegir una opción incorrecta

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Gnosias 2.
U:	Elige una opción y ésta es la correcta.
S:	Se hace visible el botón “Siguiente ejercicio” para que el usuario pueda continuar con el siguiente ejercicio de gnosias.

Figura 4.54. Escenario de uso del módulo Gnosias 2. Elegir la opción correcta

4.5.3 Módulo Gnosias 3

En este módulo es en el que se encuentra el tercer ejercicio de la categoría “Ejercicios de Gnosias”. Lo que hay que hacer en este ejercicio es distinguir 1 imagen que existe entre un grupo de 4 imágenes, 3 de ellas con figuras que no existen en la realidad.

En la Figura 4.55 podemos observar la interfaz de este módulo.



Figura 4.55. Interfaz del módulo Gnosias 3

El funcionamiento de este ejercicio es similar al de Orientación 1 y al de Memoria 4 por lo que no se volverá a detallar, así como sus escenarios de uso.

4.5.4 Módulo Gnosias 4

Este ejercicio es el cuarto y último ejercicio de la categoría “Ejercicios de Gnosias”. En este ejercicio se trata de identificar 4 imágenes de entre 8 disponibles, estas 4 imágenes pertenecerán todas a una familia que el enunciado indique.

La interfaz de este módulo se observa en la Figura 4.56.



Figura 4.56. Interfaz del módulo Gnosias 4

Cuando el usuario pulsa alguna de las imágenes que no está relacionada con lo que el enunciado indica, salta un mensaje de aviso que le da otra oportunidad al usuario. Esta situación la podemos observar en la Figura 4.57.



Figura 4.57. Interfaz del módulo Gnosias 4 cuando el usuario no pulsa una de las imágenes relacionadas

Cada vez que el usuario pulsa una de las imágenes correctas esta se cambia y aparece un 'tick' para que el usuario se dé cuenta y se le haga menos complicado la resolución del ejercicio. Cuando el usuario haya elegido las 4 imágenes correctas se abrirá un cuadro de diálogo dándole la posibilidad al usuario de volver al menú de

principal ya que ha terminado todos los ejercicios de gnosias. En la Figura 4.58 comprobamos este cuadro de diálogo.



Figura 4.58. Interfaz del módulo Gnosias 4 cuando se eligen las 4 imágenes correctas

En la Figura 4.59 y 4.60 podemos observar los escenarios de uso comentados anteriormente.

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Gnosias 4.

U: Pulsa una imagen.

S: La imagen pulsada no está relacionada por lo que la aplicación lanza un mensaje de aviso dando al usuario otra oportunidad.

Figura 4.59. Escenario de uso del módulo Gnosias 4. Elegir una imagen errónea

S: Carga la interfaz correspondiente al módulo Gnosias 4.

U: Pulsa las 4 imágenes correctas.

S: Cada una de las imágenes correctas se ha ido transformando una a una en un tick cada vez que pulsa cada una de ellas y cuando están las 4 seleccionadas la aplicación muestra un cuadro de diálogo dando la opción al usuario de volver al menú principal.

Figura 4.60. Escenario de uso del módulo Gnosias 4. Elegir las 4 imágenes correctas

4.6 Ejercicios de Lenguaje

En esta sección se encuentran 3 ejercicios cuyo objetivo es desarrollar la fluidez verbal y la lectura del enfermo.

4.6.1 Módulo Lenguaje 1

Este ejercicio es el primero de la categoría “Ejercicios de Lenguaje”. El usuario de la aplicación en este ejercicio lo que tendrá que hacer es escribir 10 palabras que empiecen por la letra que se indique en el enunciado.

La Figura 4.61 muestra la interfaz de este módulo.

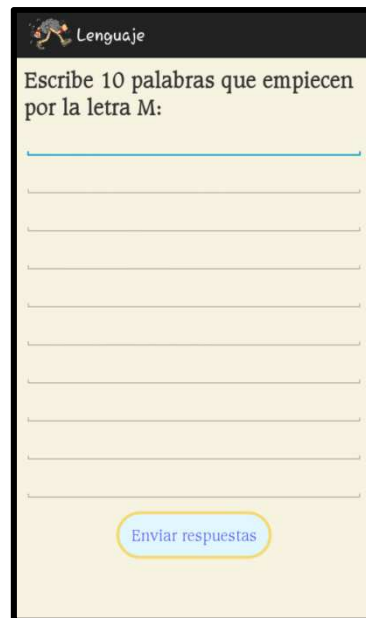
La imagen muestra la interfaz de usuario de un módulo llamado "Lenguaje". En la parte superior, hay un icono de un animalito y el título "Lenguaje". Debajo, se presenta el enunciado: "Escribe 10 palabras que empiecen por la letra M:". A continuación, hay diez líneas horizontales para escribir las palabras. En la parte inferior, hay un botón con el texto "Enviar respuestas".

Figura 4.61. Interfaz del módulo Lenguaje 1

El funcionamiento de este ejercicio es el mismo que el explicado en el primer ejercicio de orientación, a diferencia de que en este ejercicio también se puede dar el error de encontrarse con palabras repetidas. La interfaz de este módulo en esta situación se puede comprobar en la Figura 4.62.



Figura 4.62. Interfaz del módulo Lenguaje 1 cuando el usuario escribe alguna palabra repetida

Los escenarios de uso por tanto serán también similares, añadiendo el ocasionado cuando se repite una palabra, este se puede observar en la Figura 4.63.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Lenguaje 1.
U:	Escribe todas las palabras y pulsa el botón “Enviar respuesta”.
S:	La aplicación hace una comprobación de las palabras dadas por el usuario pero hay alguna repetida. Se lanza un mensaje de aviso y se indican en color rojo las palabras repetidas y en verde las correctas.

Figura 4.63. Escenario de uso del módulo Lenguaje 1. Escribir alguna palabra repetida

4.6.2 Módulo Lenguaje 2

En este ejercicio lo que deberá de hacer el usuario es escribir 10 palabras que se correspondan al tema propuesto en el enunciado. La interfaz de este módulo la observamos en la Figura 4.64.

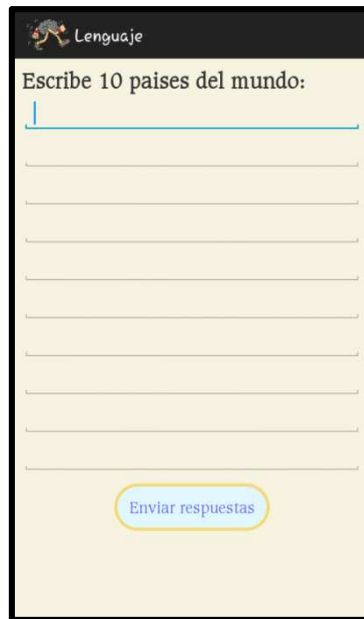
The image shows a mobile application interface for a language exercise. At the top, there is a header with a small icon and the word 'Lenguaje'. Below the header, the instruction 'Escribe 10 países del mundo:' is displayed. Underneath the instruction, there are ten horizontal input fields for text entry. At the bottom of the interface, there is a button labeled 'Enviar respuestas'.

Figura 4.64. Interfaz del módulo Lenguaje 2

El funcionamiento y los casos de uso correspondientes a este ejercicio son similares al primer ejercicio de Lenguaje por lo que no se volverán a explicar en detalle.

4.6.3 Módulo Lenguaje 3

En este módulo se encuentra el tercer y último ejercicio de la categoría “Ejercicios de Lenguaje”. Este ejercicio se basa en leer una frase que aparece en el enunciado.

En la Figura 4.65 se puede observar la interfaz de este módulo.



Figura 4.65. Interfaz del módulo Lenguaje 3

El usuario deberá pulsar el botón “Pulse para leer” cuando quiera leer la frase propuesta en el enunciado. Cuando se pulsa este botón se abre un cuadro de diálogo en el que se inicia el reconocedor de voz de Google. Esta situación la podemos observar en la Figura 4.66.



Figura 4.66. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando se inicia el reconocedor de voz de Google

Cuando el usuario ha acabado de leer la frase puede o pulsar el botón, entonces se cerrará el reconocedor y la aplicación comprobará la frase leída, o si no pulsa el

botón pero está unos segundos en silencio, el reconocedor se cerrará solo automáticamente y la aplicación comprobará la frase.

Si el usuario ha leído mal la frase propuesta, entonces la aplicación lanzará un mensaje de aviso como en otros ejercicios y esta frase leída se marcará en rojo y, por supuesto, no le dará la opción de finalizar el ejercicio. Esto lo podemos comprobar en la Figura 4.67.



Figura 4.67. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando el usuario lee mal la frase

Cuando el usuario lee la frase correctamente, entonces la frase se vuelve verde y se le da la opción de volver al menú principal ya que éste era el último ejercicio de esta categoría. En la Figura 4.68 podemos observar el cuadro de diálogo en el que se muestra la opción de volver al menú inicial.



Figura 4.68. Interfaz del módulo Lenguaje 3 cuando el usuario lee la frase correctamente

En la Figura 4.69 y 4.70 se pueden observar los escenarios de uso de los que hemos hablado anteriormente.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Lenguaje 3.
U:	Pulsa el botón "Pulsa para leer" pero lee la frase mal.
S:	La aplicación hace una comprobación de la frase leída y como es incorrecta marca ésta en rojo y lanza un mensaje de aviso para que el usuario sepa que es incorrecta.

Figura 4.69. Escenario de uso del módulo Lenguaje 3. Leer mal la frase

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Lenguaje 3.
U:	Pulsa el botón "Pulsa para leer" y lee la frase correctamente.
S:	La aplicación hace una comprobación de la frase leída y como es correcta y era el último ejercicio de la categoría se muestra un cuadro de diálogo dándole la opción de volver al menú principal.

Figura 4.70. Escenario de uso del módulo Lenguaje 3. Leer la frase correctamente

4.7 Ejercicios de Funciones Ejecutivas

Esta categoría consta de 3 ejercicios y con ellos se intenta desarrollar el cálculo y la resolución de problemas de los enfermos.

4.7.1 Módulo Func. Ejecutivas 1

Este módulo se corresponde al primero de los ejercicios de la categoría “Ejercicios de Funciones Ejecutivas”. En este ejercicio el usuario observará una serie de dominó y tendrá que elegir con cuál de las fichas de dominó propuestas continúa esa serie.

La interfaz de este módulo se puede observar en la Figura 4.71.

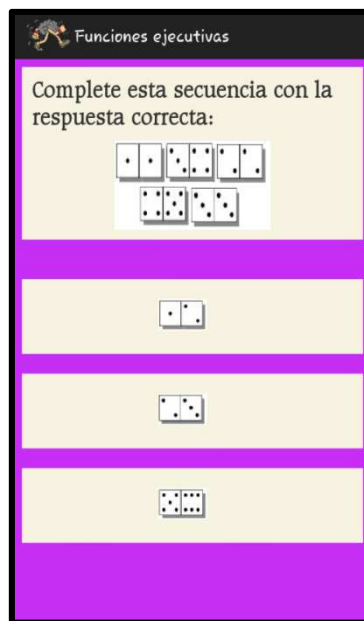


Figura 4.71. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 1

El funcionamiento y los casos de uso de este módulo son similares al módulo Gnosias 2, por ello no se volverá a detallar.

4.7.2 Módulo Func. Ejecutivas 2

En este módulo se encuentra el segundo ejercicio de la categoría “Ejercicio de Funciones Ejecutivas”. Este ejercicio de lo que se trata es de que el usuario haga una cuenta exacta con monedas de la cantidad que el enunciado le diga.

En la Figura 4.72 se puede observar la interfaz de este ejercicio.



Figura 4.72. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2

El usuario debe arrastrar las monedas necesarias para que sumen la cantidad que dice el enunciado hacia la parte de abajo. Si mueve una cantidad de monedas incorrecta y pulsa el botón “Enviar respuesta” la aplicación lanza un mensaje de aviso dándole otra oportunidad, como se puede observar en la Figura 4.73.



Figura 4.73. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2 cuando el usuario se equivoca

Cuando el usuario arrastra la cantidad de monedas correcta se deshabilita el botón “Enviar respuesta” y se hace visible el botón “Siguiente ejercicio” para darle la opción al usuario de continuar con el siguiente ejercicio de funciones ejecutivas. Esto se puede observar en la Figura 4.74.



Figura 4.74. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 2 cuando el usuario da la respuesta correcta

Los escenarios de uso de este módulo se pueden observar en la Figura 4.75 y 4.76.

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Func.Ejecutivas 2.
U:	Arrastra alguna moneda pero la suma de estas no es la correcta.
S:	La aplicación lanza un mensaje de aviso dando al usuario otra oportunidad.

Figura 4.75. Escenario de uso del módulo Func.Ejecutivas 2. No elegir las monedas correctas

S:	Carga la interfaz correspondiente al módulo Func.Ejecutivas 2.
U:	Arrastra las monedas correctas para la suma exacta.
S:	Se hace visible el botón “Siguiente Ejercicio” para que el usuario pueda continuar con el siguiente ejercicio de funciones ejecutivas.

Figura 4.76. Escenario de uso del módulo Func.Ejecutivas 2. Elegir las monedas correctas

4.7.3 Módulo Func. Ejecutivas 3

En este módulo se encuentra el tercero y último de los ejercicios de la categoría “Ejercicios de Funciones Ejecutivas”. Este ejercicio está basado en 6 imágenes desordenadas que forman una historia. El usuario tendrá que ir ordenando una a una cada una de ellas.

El interfaz de este módulo lo podemos observar en la Figura 4.77.

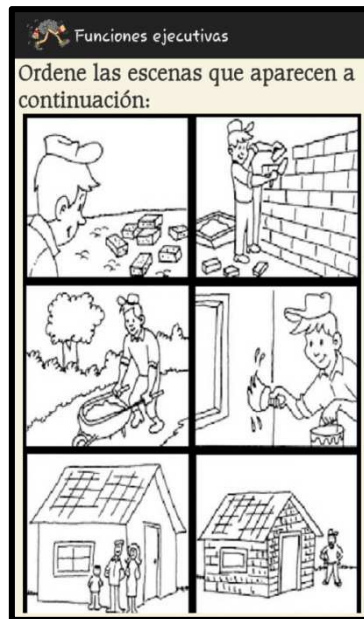


Figura 4.77. Interfaz del módulo Func.Ejecutivas 3

Como ya hemos comentado en muchos de los otros ejercicios, al ser el funcionamiento y los casos de uso similares al primer ejercicio de la categoría de Atención, no explicaremos estos en detalle para éste módulo.

Las imágenes utilizadas en esta aplicación han sido, algunas creadas personalmente y otras recogidas de internet. Las recogidas de internet se encuentra su enlace en el apartado Bibliografía ("*Imágenes aplicación*").

4.8 Introducción de nuevos ejercicios

Cada uno de los ejercicios descritos está hecho de manera que cualquier persona pueda introducir un ejercicio nuevo.

Lo primero a tener en cuenta es que los archivos de texto los tendremos que añadir en la carpeta *raw* del proyecto de Eclipse, y las nuevas imágenes las tendremos que incluir en las carpetas *drawable* de dicho proyecto.

Hay un cambio que comparten todos estos módulos, este es que cada vez que se quiera añadir un nuevo ejercicio a cada uno de los tipos propuestos tendremos que sumarle 1 a la variable entera "*numEjemplo*" definida en cada uno de los módulos, a partir de aquí, cada uno de los archivos que tengamos que introducir tendrá un nombre y unas características explicadas en los siguientes apartados dependiendo del ejercicio.

4.8.1 Módulo Orientación 2

Para incorporar nuevos ejemplos de ejercicios en este módulo lo primero que tendremos que hacer será elegir una acción y pensar el horario en el que esta se realiza.

Tendremos que crear dos imágenes, cada una de ellas con un reloj con la hora en la que se realice la acción. El crear dos imágenes está pensado para que cuando se indique esa acción no siempre salga la misma hora.

Cada una de estas imágenes se deberá llamar *“orientacion2relojab”*. Las letras ab pertenecen a dos números explicados a continuación:

- La letra a pertenece al número de ejemplo de ese tipo de ejercicios que hay. Por ejemplo, ahora mismo hay 3 ejemplos de este ejercicio, si quisiéramos introducir otro ejemplo la letra a sería 4.
- La letra b pertenece al número 1 o 2, cada una de las dos imágenes que vayamos a introducir tiene que ir con uno de ellos.

Es decir, las dos imágenes que vayamos a introducir se tendrían que llamar, por ejemplo *“orientacion2reloj41”* y *“orientacion2reloj42”*.

Por último, necesitaríamos hacer un cambio en el código Java. El vector que contiene varias cadenas de caracteres llamado *“acción”*, contiene la acción que el enunciado nos indicará. Hay que añadir la nueva acción siempre en la última posición de este array.

4.8.2 Módulo Memoria 1 Historias

Para introducir un nuevo ejemplo del primer ejercicio de Memoria habrá que añadir tanto un texto como sus preguntas y respuestas. En este apartado explicaremos como añadir una nueva historia.

Habrà que escribir una historia en un fichero de texto llamado *“textohistoriak.txt”*. Esta letra k pertenecerà al número de ejemplo que se añaade. Es decir, si ahora por ejemplo hay 5 historias y queremos añadir una más, esta historia se deberá incluir en el fichero *“textohistoria6.txt”*.

4.8.3 Módulo Memoria 1 Preguntas

Una vez introducida la historia, habrá que introducir una serie de 6 preguntas con sus correspondientes respuestas.

Cada una de las preguntas irá en un archivo de texto llamado *"preguntahistoriaab"*. Las últimas dos letras (ab) se corresponden a dos números que se explican a continuación:

- La letra a será el número de texto al que corresponden las preguntas. Este número no cambia en ninguna de las 6 preguntas introducidas. Es decir, si hemos introducido el ejemplo de historia número 6, estas 6 preguntas se llamarán *"preguntahistoria6b"*.
- La letra b corresponderá a cada una de las preguntas con un valor entre 0 y 5 en el orden que queremos que aparezcan en el ejercicio. Es decir, la primera de las preguntas perteneciente a la historia 6 se conocerá con el nombre *"preguntahistoria60.txt"*.

Cada una de estas preguntas tiene que tener asociada una respuesta que se guardará en un fichero de texto con el nombre *"respuestahistoriaab.txt"*. Las letras ab pertenecerán a los números que tengan en las 2 últimas posiciones las preguntas correspondientes. Por ejemplo, la pregunta incluida en el archivo de texto *"preguntahistoria60.txt"*, tendrá que tener una respuesta asociada que estará incluida en el archivo *"respuestahistoria60.txt"*.

Cada una de estas respuestas puede tener varias opciones válidas. Si queremos introducir más de una opción cada una de estas deberá de ir separada por una coma.

En este caso, no es necesario cambiar ningún valor en el código Java del módulo, ni siquiera la variable *"numEjemplo"*.

4.8.4 Módulo Memoria 2

Para la incorporación de nuevos ejemplos en este ejercicio, tenemos que introducir frases incompletas en un archivo de texto con el nombre *"completarfraseab"*. En este ejercicio hay que introducir 8 frases ya que el ejercicio va por conjunto de frases, no por frases individuales.

Las últimas dos letras (ab), son números que cambian respecto a la frase que sea.

- La letra a será el número de la cantidad de ejemplos que haya en ese momento más 1. Es decir, ahora mismo, por ejemplo, en este ejercicio hay 5 ejemplos de conjuntos de frases, si quisiéramos añadir otro conjunto de frases éstas se tendrían que llamar *“completarfrase6b”*.
- La letra b será el número de cada una de las frases del conjunto, y van del 0 al 7, ambos inclusive. Es decir, un archivo de texto con una frase del conjunto que quisiéramos incluir quedaría con el nombre *“completarfrase60.txt”*, por ejemplo.

Para saber las respuestas a estas frases deberemos añadir la respuesta usando los mismos números “ab” que correspondan a la frase a la que corresponde dicha respuesta pero con el nombre *“respuestacompletarfraseab”*. Es decir, si por ejemplo quisiéramos incluir la respuesta a la frase que contiene el archivo *“completarfrase60.txt”*, tendremos que añadir la respuesta en el archivo *“respuestacompletarfrase60.txt”*.

Si en estos ficheros de respuesta queremos introducir varias opciones de respuesta posibles, será suficiente con separar cada una de las respuestas por una coma.

4.8.5 Módulo Memoria 3

Para introducir un nuevo ejemplo en este ejercicio es muy simple ya que simplemente habrá que introducir una serie de 10 palabras en un archivo de texto llamado *“memoria3ttsa.txt”*. La última letra, la letra a, es el número de ejemplo del ejercicio. Es decir, si por ejemplo ahora mismo hay 2 ejemplos y quisiéramos incluir otra serie de palabras lo deberíamos de llamar *“memoria3tts3.txt”*.

Las palabras en este archivo de texto se deberán escribir seguidas, separadas cada una de ellas por una coma.

4.8.6 Módulo Memoria 4

Para introducir un nuevo ejemplo de este ejercicio se deberán incluir 4 imágenes, 3 de ellas que estén relacionadas y otra que no esté relacionada con ninguna de las 3 anteriores.

Cada una de estas imágenes se tiene que llamar *“memoria4objetoab”*. Las dos últimas letras se corresponden con un número y una letra que se explican a continuación:

- La letra a se corresponde con el número de ejemplo que se va a añadir. Es decir, si ahora hay 5 ejemplos de este ejercicio las imágenes que se añadan a continuación se deberán llamar *“memoria4objeto6b”*.
- La letra b se corresponderá con una letra de la ‘a’ a la ‘d’. La imagen que sea la que no se corresponde con las demás tendrá que llevar la letra d, y cada una de las otras 3 imágenes deberá llevar una de las letras de la ‘a’ a la ‘c’ sin repetirse. Por ejemplo, las imágenes que están relacionadas se deberán llamar *“memoria4objeto6a”*, *“memoria4objeto6b”* y *“memoria4objeto6c”*, y la imagen que no está relacionada se deberá llamar *“memoria4objeto6d”*.

4.8.7 Módulo Atención 1

Para introducir un nuevo ejemplo de este ejercicio será necesario la introducción de 24 imágenes.

La mitad de estas imágenes aparecerán desde un principio para que el usuario las vaya ordenando, y las otras 12 serán las mismas imágenes anteriores pero con el número en ellas en el que están ordenadas.

Las primeras 12 imágenes se guardarán con el nombre *“ordenarab”*. Las letras ab se corresponden a 2 números que se explican a continuación:

- La letra a es el número del ejemplo de ejercicio añadido. Por ejemplo, ahora mismo hay 2 ejemplos de este ejercicio, si añadiésemos otro grupo de 24 imágenes nuevas, estas imágenes deberían de tener el nombre *“ordenar3b”*.
- La letra b es el número de la posición en la que van ordenadas, estas imágenes van ordenadas de 1 a 12, por lo tanto, la primera imagen de esta serie se tendría que llamar *“ordenar31”*.

La segunda serie de 12 imágenes tendrán el mismo nombre que las 12 anteriores pero añadiendo una b al final, es decir, la primera de las imágenes de la segunda serie se llamaría *“ordenar31b”*.

4.8.8 Módulo Atención 2

Para introducir un nuevo ejemplo de este ejercicio primero tendremos que añadir 3 imágenes de objetos distintos con el nombre *"atencion2objetoab"*. Las últimas dos letras (ab) se refieren a dos números que explicamos a continuación:

- La letra a pertenece al número de ejemplo añadido. Es decir, si ahora hay disponibles 2 versiones de este ejercicio y queremos añadir otra más, estas imágenes se tendrán que llamar *"atencion2objeto3b"*.
- La letra b pertenece al número de imagen. Esta letra va del 1 al 3, siendo cada una un número, y siendo la primera de ellas la que queremos que tenga que ser elegida por el usuario. Es decir, el objeto que vamos a querer que encuentre el usuario se llamará *"atencion2objeto31"*, y las otras dos imágenes se llamarán respectivamente *"atencion2objeto32"* y *"atencion2objeto33"*.

Por otro lado, hay que hacer otra modificación, ésta en el código Java, en el módulo Atención 3, aparte de la ya descrita general para todos los módulos.

Esta modificación se trata de añadir el objeto a buscar, éste objeto lo deberemos añadir en palabras en el array de cadenas de texto llamado *"objeto"*. Esta cadena de caracteres que se añadan se tendrá que añadir siempre en última posición.

4.8.9 Módulo Gnosias 1

Para introducir nuevos ejemplos en la primera parte del ejercicio bastará con incluir una imagen que sea un color de los que no están ya añadidos, y otra igual pero con un 'tick' en ella. Estas imágenes se tendrán que guardar con el nombre *"colora"* y *"colorab"* respectivamente, siendo 'a' el número de ejemplo al que corresponda. Por ejemplo, si queremos añadir un nuevo color a este ejercicio y ahora mismo hay 10 colores distintos, las imágenes se deberán guardar con el nombre *"color11"* y *"color11b"*.

Habría que hacer también una modificación más en el código Java. Sería añadir el color añadido en la imagen en el array de cadenas llamado *"colores"*. El nombre del color se deberá añadir en la última posición.

Para la segunda parte del ejercicio, si queremos añadir algún nuevo objeto o cosa para adivinar su color, este objeto o cosa lo tendremos que escribir en un fichero de texto llamado *"objetocolora.txt"*. Esta a, como en otros tantos ejercicios, se

corresponderá al número de ejemplos de ejercicios que hay. Ahora mismo el ejercicio está formado por 10 objetos o cosas, por lo tanto, si quisiéramos incluir una más, este archivo de texto debería llamarse *“objetocolor11”*.

La respuesta del color de este objeto añadido se guardará en un archivo de texto con el nombre *“respuestacolora.txt”* y la letra a será el mismo número que tenga el objeto al que corresponda esta respuesta. Si se quiere añadir más de una opción correcta, estas opciones deberán incluirse seguidas separadas por una coma.

Por último, la última modificación que habría que hacer sería añadir 1, esta vez a la variable *“numEjemplo2”*.

4.8.10 Módulo Gnosias 2

Para introducir un nuevo ejemplo en este ejercicio es necesario incluir 3 imágenes, una de cada uno de los sentimientos que dan las soluciones. Estas imágenes deberán guardarse con el nombre *“sentimientoab”*, donde las últimas dos letras ab serán dos números que se explican a continuación:

- La letra a será 1,2 o 3, dependiendo el estado de ánimo de la persona de la imagen. Si es una persona triste se le pondrá un 1, si es una persona contenta se le pondrá un 2 y si es una persona enfadada se le pondrá un 3.
- La letra b indicará el número de ejemplo que se añade. Como en otros ejercicios, si por ejemplo ahora hay dos ejemplos distintos y se añade uno nuevo, éste nuevo ejemplo deberá de llevar el número 3. Por tanto, las 3 nuevas imágenes añadidas se llamarían *“sentimiento13”* la imagen perteneciente a la persona triste, *“sentimiento23”* la imagen perteneciente a la persona que está contenta y *“sentimiento33”* la imagen que corresponde a la persona que está enfada.

4.8.11 Módulo Gnosias 3

Para introducir nuevos ejemplos en este ejercicios habrá q incluir imágenes de dos en dos, una de ellas que exista y la otra que no exista.

La imagen que sea alguna figura o forma que exista en la realidad se deberá llamar *“gnosias3existea”*, y la imagen que sea alguna forma que no exista se llamará *“gnosias3noexistea”*. Como en la mayoría de ejercicios, esta letra final ‘a’ se refiere a un número, que es el número de ejemplo que incorporemos.

Por ejemplo, si ahora mismo que hay 10 ejemplos de imágenes de cada, añadimos 2 imágenes más, una que no exista y otra que sí, estas dos imágenes se tendrán que llamar *“gnosias3existe11”* y *“gnosias3noexiste11”*.

4.8.12 Módulo Gnosias 4

Para la introducción de un nuevo ejemplo se han de introducir 5 imágenes relacionadas con algún tema. Cada una de estas imágenes tendrá que tener el nombre *“gnosias4formaab”*. Las letras ab pertenecen a un número que se explica a continuación:

- La letra a, como en otros muchos ejercicios, pertenece al ejemplo de ejercicio que introduzcamos. En este ejercicio ahora mismo hay 4 ejemplos por lo que el siguiente número sería el 5.
- La letra b es un número del 1 al 5, para cada una de las imágenes que introduzcamos sería uno de ellos.

Es decir, una de las imágenes por ejemplo de este ejercicio se llamaría *“gnosias4forma51”*, otra se llamaría *“gnosias4forma52”*, y así continuamente las 5 imágenes.

En el código Java también habrá que hacer otra modificación. Será añadir la relación que tengan entre ellas las imágenes que se hayan añadido, tal y como se quiera que aparezca en el enunciado. Esta relación se tendrá que añadir al array *“relación”* en el último lugar.

4.8.13 Módulo Lenguaje 2

Para introducir aquí un nuevo tipo del que queramos que se escriban palabras relacionadas, debemos escribir todas las palabras posibles de este tipo, una debajo de otra, en un archivo de texto llamado *“lenguaje2a”*, siendo a, como en los ejercicios anteriores, el número de ejemplos de este tipo que haya.

Por ejemplo, ahora mismo se tienen 2 ejemplos de ejercicio, si quisiéramos introducir uno nuevo se introducirían las palabras correspondientes en un archivo de texto llamado *“lenguaje23.txt”*.

Hay que hacer una modificación más en el código Java, en el módulo Lenguaje 2. Habrá que añadir el tipo de palabras que se va a pedir en el ejercicio. Este tipo lo

tendremos que añadir al array *“palabras”* en último lugar y con las palabras concretas que queremos que aparezcan en el enunciado.

4.8.14 Módulo Lenguaje 3

Para la introducción de un nuevo ejemplo en este ejercicio simplemente se tendrá que incluir la frase que queremos que sea leída en un fichero de texto llamado *“lenguaje3a”*, siendo a, como en otros casos, el número de ejemplo introducido.

4.8.15 Módulo Func. Ejecutivas 1

Para cada uno de los nuevos ejemplos que vamos a introducir tendremos que incluir 7 nuevas imágenes que se explican a continuación:

- La primera de ellas será la imagen de la serie, es decir, una imagen con varias fichas de dominó que sigan un orden lógico. Ésta imagen se deberá llamar *“dominoa”* siendo a el número de ejemplo de este ejercicio al que pertenece. Ahora mismo hay dos ejemplos de ejercicio, por lo que si quisiéramos añadir uno nuevo se debería llamar *“domino3”*.
- Dos imágenes con la ficha de dominó que siga la serie propuesta. Una de ellas simplemente con la ficha que se llamará *“dominoa0”*, siendo a el número del ejemplo, si seguimos con el ejemplo anterior se llamará *“domino30”*. La otra imagen será la ficha de dominó con un tick a su lado, que será la imagen que aparezca cuando acertemos, y ésta tendrá el mismo nombre que la otra correcta pero con una b al final, es decir, en el ejemplo con el que estamos tratando sería *“domino30b”*.
- Las otras 4 imágenes serán 4 fichas de dominó que son incorrectas, y serán las que le van a salir al usuario como opciones, dos de ellas más la ficha correcta. Estas 4 imágenes se tendrán que llamar *“dominoab”*, siendo a el número de ejemplo del ejercicio y b un número del 1 al 4, teniendo cada una de ellas un número, es decir, estas 4 imágenes se llamarían *“domino31”*, *“domino32”*, *“domino33”* y *“domino34”*.

4.8.16 Módulo Func. Ejecutivas 2

Para introducir un nuevo ejemplo de este ejercicio habrá que crear un fichero de texto con el nombre *“monedasa.txt”*. Esta última letra a corresponderá, como siempre, al número de ejemplo al que corresponda.

En este ejercicio ahora mismo hay 4 ejemplos por lo que si queremos introducir ahora mismo uno nuevo el fichero de texto se debería llamar *“monedas5.txt”*.

Este archivo de texto debe contener, en primer lugar la cantidad que queremos que sume el usuario, separado de espacio guion espacio (-), deberemos escribir la cantidad de monedas que se necesita utilizar, y seguido de espacio guion espacio, cada una de las monedas que necesitamos separadas también cada una de ellas por espacio guion espacio. Es decir, si queremos que el usuario tenga que sumar la cantidad de 1,28€, el archivo de texto tendrá que incluir lo siguiente: “ 1,28 – 5 – 100 – 20 – 5 – 2 – 1 “. Sin las comillas y siendo 100 la moneda de 1€, 20 la de 0,20€ y así sucesivamente.

4.8.17 Módulo Func. Ejecutivas 3

Para introducir un nuevo ejemplo de este ejercicio será necesario introducir 12 imágenes. Cada historia se dividirá en 6 imágenes.

De estas 12 imágenes que hay que añadir, 6 serán las imágenes que aparecerán en un principio para ser mostradas y que el usuario las vaya ordenando, y las otras 6 serán las mismas imágenes anteriores pero con el número en ellas en el que están ordenadas.

Las primeras 6 imágenes se guardarán con el nombre *“ejecutivasab”*. Las letras ab se corresponden a 2 números que se explican a continuación:

- La letra a es el número del ejemplo de ejercicio añadido. Por ejemplo, ahora mismo hay 3 ejemplos de este ejercicio, si añadiésemos otro grupo de 12 imágenes nuevas, estas imágenes deberían de tener el nombre *“ejecutivas4b”*.
- La letra b es el número de la posición en la que van ordenadas, estas imágenes van ordenadas de 1 a 6, por lo tanto, la primera imagen de esta serie se tendría que llamar *“ejecutivas41”*.

La segunda serie de 6 imágenes tendrán el mismo nombre que las 6 anteriores pero añadiendo una b al final, es decir, la primera de las imágenes de la segunda serie se llamaría *“ejecutivas41b”*.

Capítulo 5

Evaluación de la aplicación

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada en la evaluación de la aplicación multimodal desarrollada para el Trabajo Fin de Grado, basada en un cuestionario que recoge las valoraciones subjetivas de sus usuarios desde una página web. Los resultados obtenidos se muestran a lo largo de este capítulo en forma de gráficas.

5.1 Metodología de evaluación

La evaluación, el estudio del rendimiento y el análisis de la usabilidad de la aplicación son procedimientos necesarios para mejorar la aplicación inicial en un trabajo futuro.

La evaluación del funcionamiento de esta aplicación creada en el Trabajo Fin de Grado se evaluará a través de los siguientes aspectos:

- Conocimientos y experiencias previas del usuario.
- Velocidad de la aplicación
- Usabilidad
- Utilidad

Para ello, se ha diseñado un cuestionario que recoge la opinión subjetiva y el grado de satisfacción de los usuarios tras utilizar la aplicación desarrollada, obteniendo así una evaluación cualitativa de la percepción del sistema por parte de los usuarios de la aplicación.

El cuestionario elaborado para este fin consta de diez preguntas tipo test obligatorias, y de una pregunta opcional en la que se da la opción al usuario a escribir algún comentario sobre la aplicación. Cada pregunta tipo test tiene cinco posibles respuestas de las que solo se puede elegir una de ellas.

Para facilitar el registro de las opiniones de los usuarios, se ha desarrollado un cuestionario online gracias a la herramienta Survio (*"Survio", 2014*). Survio es una herramienta con la que se pueden crear encuestas online. Se puede acceder a este cuestionario a través de la página web: <http://www.survio.com/survey/d/X3L0V3O1A4W9U6R3D> El cuestionario de evaluación de la Aplicación se puede observar en la Figura 5.1.

Evaluación sobre la aplicación "Deporte para tu cerebro"

Estimado Sr. / Sra.,

gracias por su visita. Rellenando esta breve encuesta, me ayudará a obtener los mejores resultados.

Puntúe en una escala de 1 a 5 su conocimiento previo acerca de dispositivos móviles (1= "Bajo", 5= "Alto"). *

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

Puntúe en una escala de 1 a 5 su experiencia previa usando aplicaciones con fin rehabilitador (1= "Bajo", 5= "Alto"). *

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

¿Qué tal ha entendido la aplicación? *

☐ Muy mal

☐ Mal

☐ Regular

☐ Bien

☐ Muy bien

¿Qué tal ha entendido los ejercicios propuestos? *

- ☐ Muy mal
- ☐ Mal
- ☐ Regular
- ☐ Bien
- ☐ Muy bien

En su opinión la navegación por la aplicación fue... *

- ☐ Muy lenta
- ☐ Lenta
- ☐ Adecuada
- ☐ Rápida
- ☐ Muy rápida

¿Ha sido capaz de resolver todos los ejercicios? *

- ☐ No, ha sido imposible
- ☐ Sí, pero con gran dificultad
- ☐ Sí, pero con ciertas dificultades
- ☐ Sí, ha sido fácil
- ☐ Sí, ha sido muy fácil

Establezca el nivel de dificultad de la aplicación para usted. *

- ☐ Muy difícil
- ☐ Difícil
- ☐ Normal
- ☐ Fácil
- ☐ Muy fácil

Puntúe en una escala del 1 al 5 como de intuitiva ha sido la aplicación para usted. (1 = "Muy poco intuitiva", 5="Muy intuitiva"). *

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

En términos generales, ¿está usted satisfecho con la aplicación? *

☐ No, nada

☐ Poco satisfecho

☐ Satisfecho

☐ Bastante satisfecho

☐ Muy satisfecho

Puntúe en una escala del 1 al 5 como de útil ve usted la aplicación con fin rehabilitador. (1 = "Muy poco útil, 5="Muy útil"). *

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

Escriba aquí si tiene algún comentario sobre la aplicación.

Figura 5.1. Cuestionario desarrollado para la evaluación subjetiva de la aplicación del Trabajo Fin de Grado

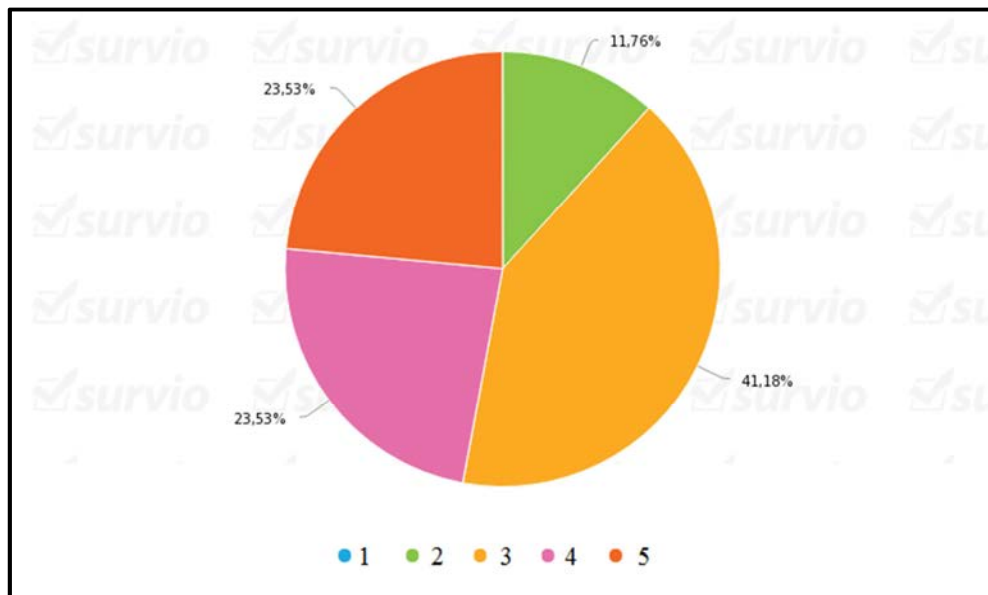
A partir de las respuestas de los diferentes usuarios que han rellenado el cuestionario anterior, se han obtenido las estadísticas para el análisis de los resultados de la evaluación que se muestran en la siguiente sección de la memoria.

5.2 Resultado de la evaluación

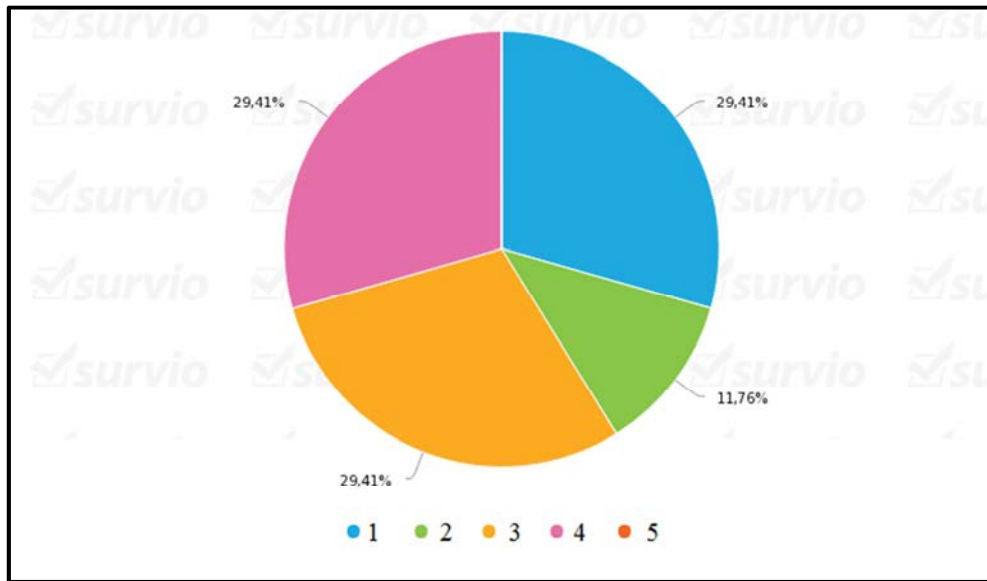
La evaluación de la aplicación ha sido realizada por 17 usuarios a los que previamente se les explicó las funcionalidades y objetivos de la misma. Estos usuarios han sido variados, se ha intentado que una gran proporción de ellos fueran personas que trabajan día a día con enfermos de Alzheimer o que realizan trabajos rehabilitadores, pero también han podido probar esta aplicación usuarios que nunca han trabajado con aplicaciones similares.

Los usuarios realizaron cada uno de los ejercicios para así poder valorar la aplicación en su conjunto. La Figura 5.2 muestra los resultados para cada una de las cuestiones que se plantean en el test de valoración subjetiva de la aplicación.

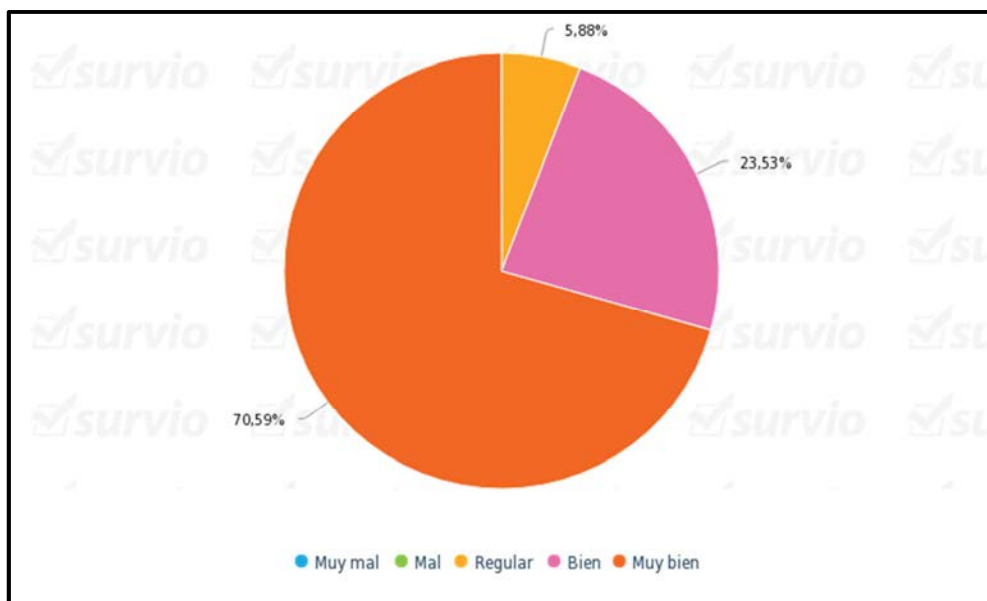
Pregunta 1. Puntúe en una escala de 1 a 5 su conocimiento previo acerca de dispositivos móviles (1= “Bajo”, 5= “Alto”).



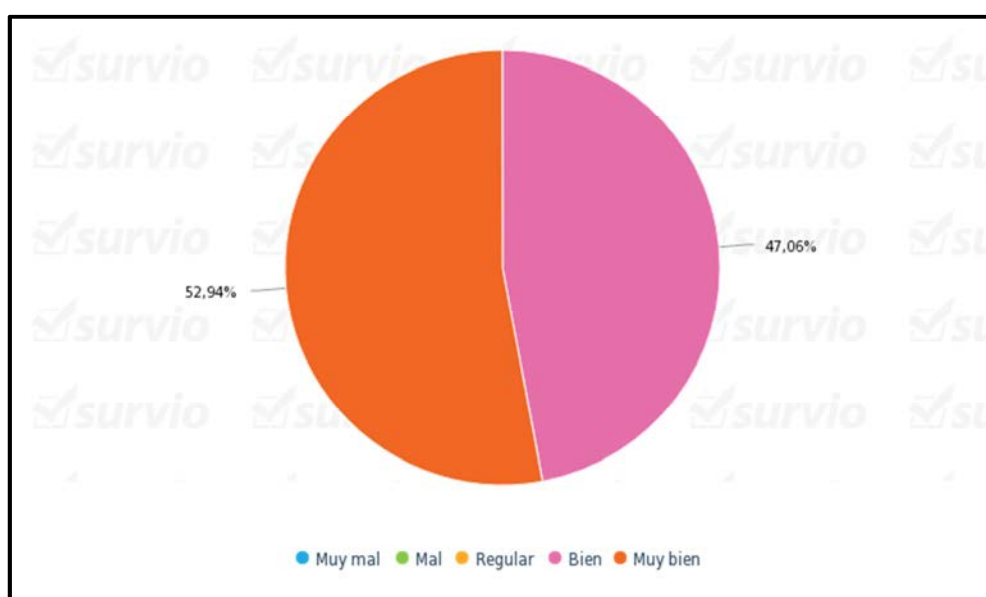
Pregunta 2. Puntúe en una escala de 1 a 5 su experiencia previa usando aplicaciones con fin rehabilitador (1= “Bajo”, 5= “Alto”).



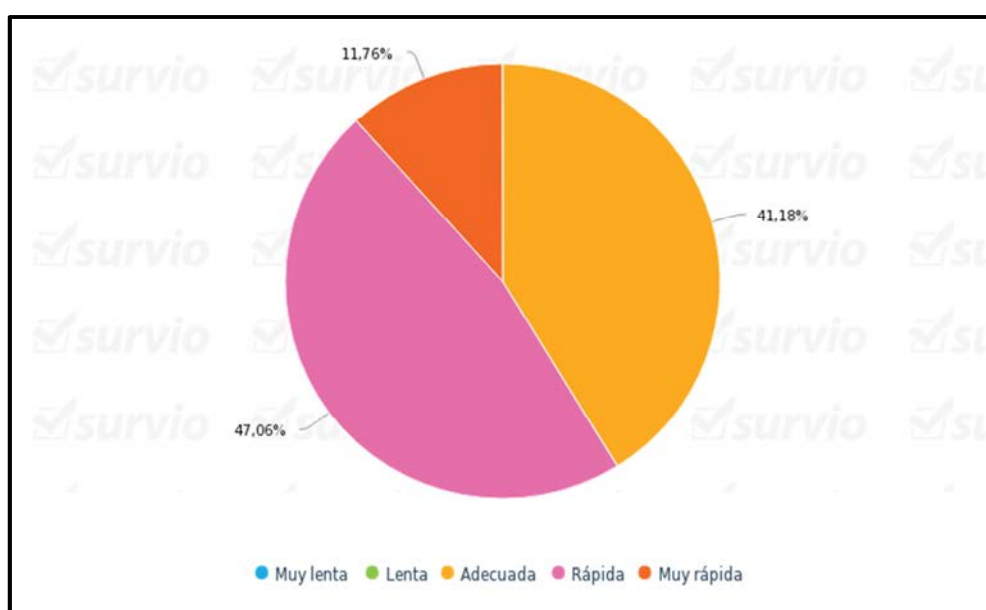
Pregunta 3. ¿Qué tal ha entendido la aplicación?



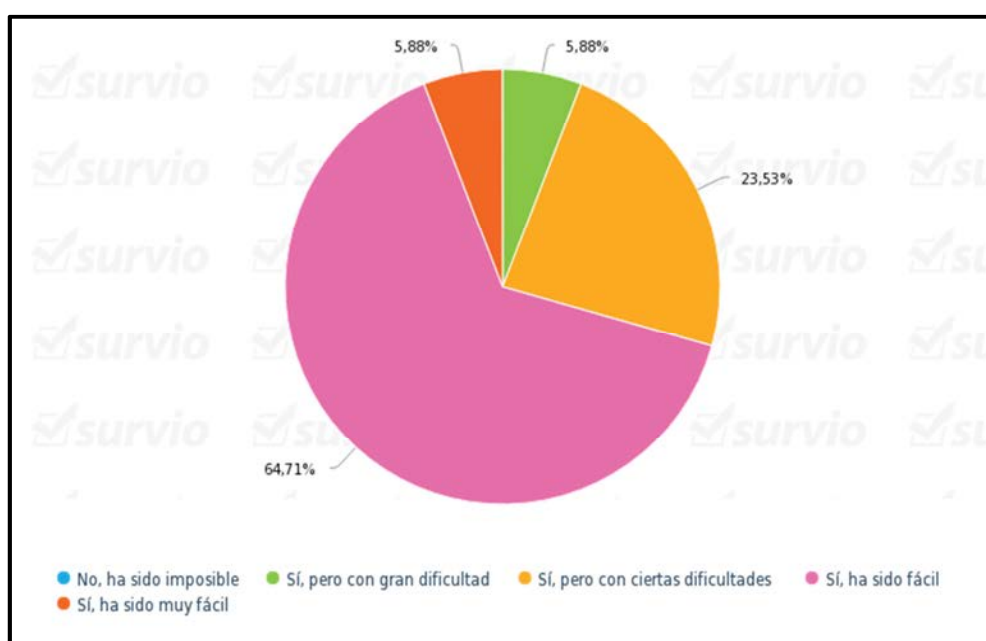
Pregunta 4. ¿Qué tal ha entendido los ejercicios propuestos?



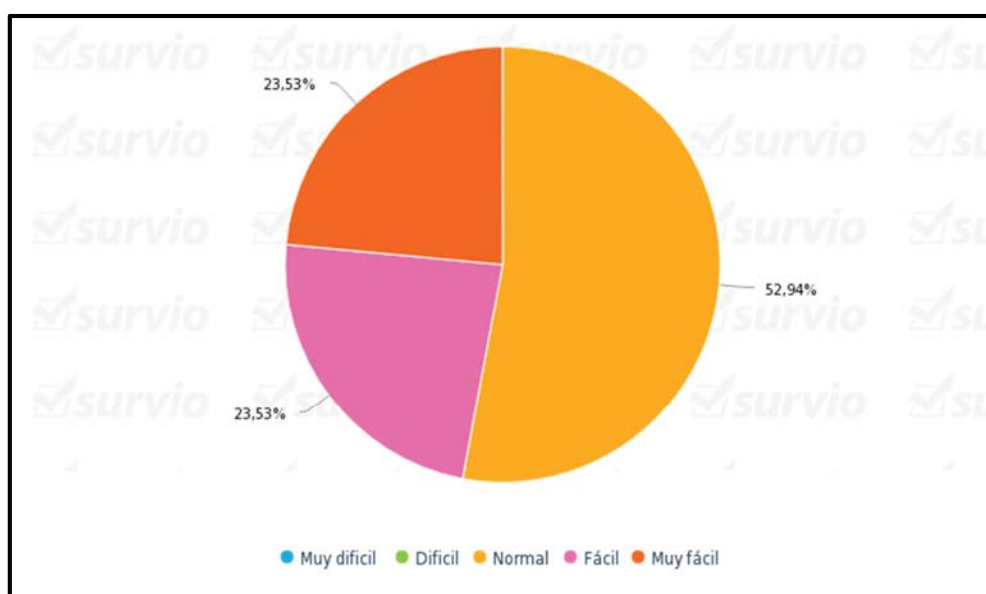
Pregunta 5. En su opinión la navegación por la aplicación fue...



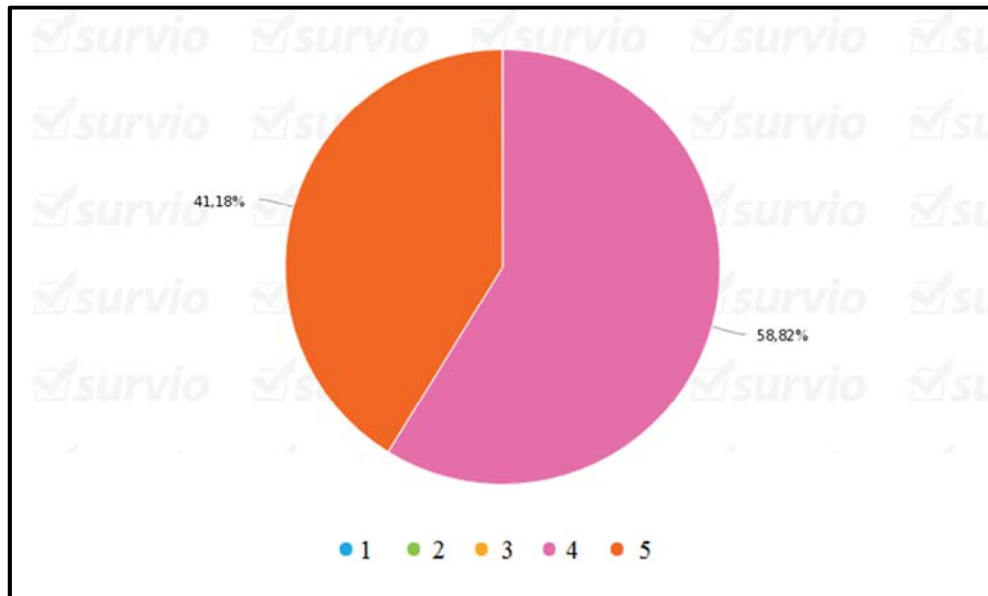
Pregunta 6. ¿Ha sido capaz de resolver todos los ejercicios?



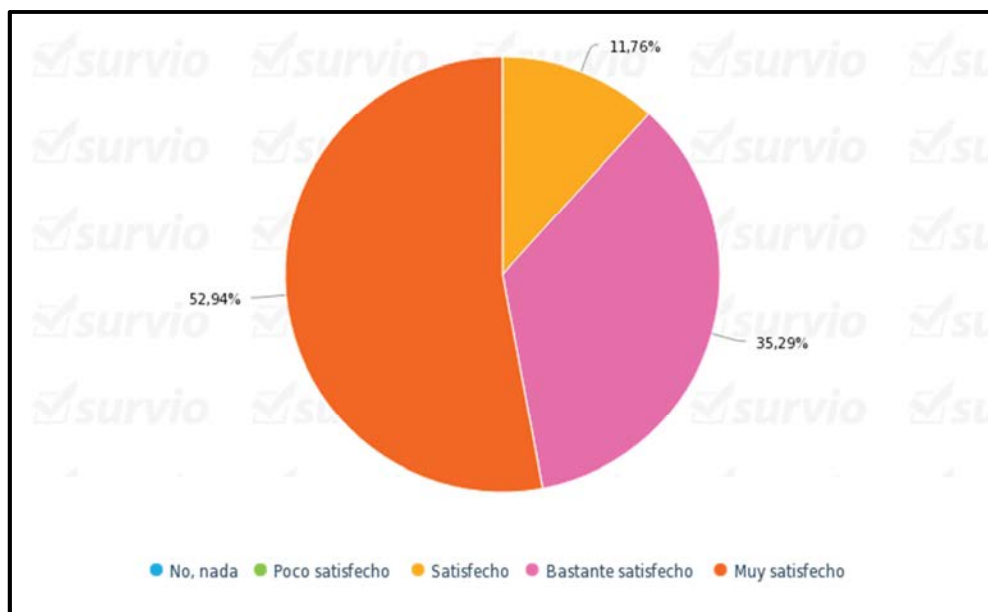
Pregunta 7. Establezca el nivel de dificultad de la aplicación para usted.



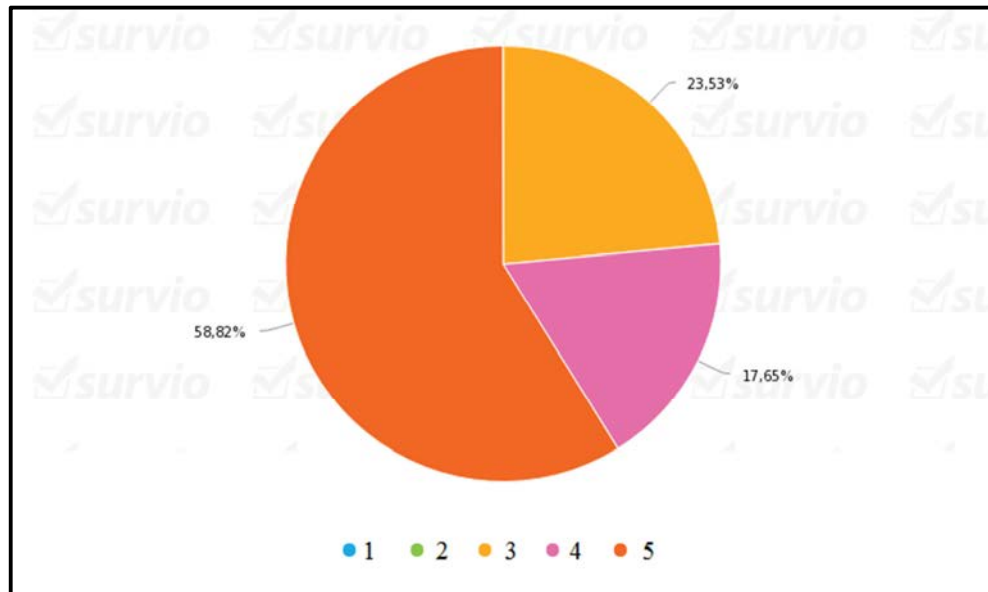
Pregunta 8. Puntúe en una escala del 1 al 5 como de intuitiva ha sido la aplicación para usted. (1 = “Muy poco intuitiva , 5=”Muy intuitiva”).



Pregunta 9. En términos generales, ¿está usted satisfecho con la aplicación?



Pregunta 10. Puntúe en una escala del 1 al 5 como de útil ve usted la aplicación con fin rehabilitador. (1 = “Muy poco útil, 5=“Muy útil”).



Pregunta 11 (Opcional). Escriba aquí si tiene algún comentario sobre la aplicación.

La aplicación de "Deporte para tu cerebro", en mi opinión es muy intuitiva y manejable para personas que sufren algún tipo de demencia en primera fase o moderada. Creo que podría ser de mucha utilidad para cuidadores no formales, es decir, para las familias de las personas que padecen este tipo de enfermedades, así como para residencias y centros de día podrían implementar dicha aplicación para trabajar con el colectivo de personas mayores.

Creo que esta aplicación puede ayudara mucha gente a ejercitar y a mantener activo el cerebro.

Perfecta

Muy oportuna para los tiempos que corren, que ni se lee ni se escucha...al menos hace pensar

Me ha sorprendido de forma positiva. Es util e intuitiva.

En general muy bien alba

Figura 5.2. Estadísticas de los resultados de la evaluación subjetiva de la aplicación

Analizando los resultados de la encuesta obtenemos las siguientes conclusiones:

- El 100% de los usuarios tiene conocimientos previos a cerca de los dispositivos móviles, y más de la mitad de ellos han trabajado previamente con aplicaciones con fin rehabilitador.
- Tanto la aplicación en general como sus ejercicios han sido entendidos bastante bien siendo posible para los usuarios resolver con éxito cada uno de ellos, en su gran mayoría, sin dificultades.

- En general los usuarios están satisfechos con la aplicación y la mayoría de ellos piensa que sería muy útil en el modelo de rehabilitación de estos enfermos.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajo futuro

En este capítulo se realiza un balance del trabajo realizado en el presente Trabajo Fin de Grado. Partiendo de la revisión de los resultados logrados se comprueba que se han cumplido los objetivos fijados inicialmente y se exponen las conclusiones obtenidas. Para finalizar, se presentan los posibles trabajos futuros que se podrían efectuar sobre la aplicación desarrollada con el fin de mejorar su eficiencia así como el número de funcionalidades que cubriría.

6.1 Conclusiones

En este Trabajo Fin de Grado se ha desarrollado una aplicación para dispositivos móviles Android cuya principal finalidad es presentar ejercicios que ayuden al tratamiento de pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

La pantalla principal de la aplicación simplemente es una pantalla de interacción con el usuario para acceder a la aplicación o para salir de ella. Es ya en la segunda pantalla donde el usuario ya puede observar los distintos tipos de ejercicios que hay y, desde aquí, elegir el tipo deseado y realizar los ejercicios que se encuentran en dicha sección.

Cada una de estas secciones tiene de dos a cuatro ejercicios relacionados con la categoría en la que se encuentran. La primera de estas categorías es la de “Ejercicios de Orientación”, en esta sección se encuentran 2 ejercicios que ayudarán al paciente a orientarse temporalmente. El primero de estos ejercicios está compuesto por una serie de preguntas a las que deberá contestar, y en el segundo, simplemente se le hará una pregunta y tendrá que elegir la respuesta entre una de las 4 imágenes propuestas.

Seguida de esta categoría se presentan los “Ejercicios de Memoria”, 4 ejercicios en los que se intenta desarrollar tanto la memoria inmediata, como la memoria a largo plazo como la memoria a corto plazo. Para el desarrollo de la memoria inmediata se utiliza una lista de palabras reproducida gracias al sintetizador de texto a voz, el paciente tendrá que escribir las palabras para poder proseguir con el siguiente ejercicio. Respecto a la memoria a corto plazo, se utiliza una historia elegida al azar que el paciente tiene que leer en un tiempo determinado y después deberá contestar a una serie de preguntas. Por último, en relación a la memoria a largo plazo, se incluyen dos ejercicios, uno en el que debe completar unas frases relacionadas con el pasado y el presente (hechos sucedidos, lugares, personajes, etc.) y otro en el que se le hace una pregunta sobre objetos relacionados entre sí y, como en el apartado anterior, deberá elegir la respuesta seleccionando una de las 4 imágenes propuestas.

A continuación, en “Ejercicios de Atención” se presentan 2 ejercicios. En el primero de ellos se facilitan 12 imágenes y éstas tienen que ser ordenadas en consecuencia de lo que el enunciado establezca, y en el segundo y último ejercicio se proponen una serie de imágenes de 3 tipos, de las que el usuario tendrá que señalar las imágenes que sean igual a lo establecido por el enunciado.

“Ejercicios de Gnosias” se compone de 4 ejercicios. En el primero de ellos se tendrá que elegir un color y completar los colores de varios objetos. En el segundo el usuario deberá elegir el estado de ánimo de la persona que aparezca en una imagen. En el siguiente aparecerán 4 imágenes, y el usuario tendrá que seleccionar la imagen que exista en la realidad y, por último, en el último ejercicio aparecerán 8 imágenes, 4 de ellas de la misma categoría y 4 de ellas de otras categorías distintas y el usuario deberá distinguirlas.

Seguidamente se propone la categoría de “Ejercicios de Lenguaje”. Esta sección se compone de 3 ejercicios en los que en dos de ellos hay que escribir 10 palabras, en uno relacionadas con un tema expuesto y en el otro con una letra con la que tienen que empezar estas palabras. Estos dos ejercicios están relacionados con la fluidez verbal. El último ejercicio, con el que se intenta agilizar la lectura, se basa en el reconocimiento de voz. El usuario tendrá que leer una frase marcada en el enunciado. Para este último ejercicio es necesario tener acceso a internet, pero, en el caso de no tener acceso y no poder completar el ejercicio no sucedería nada ya que no hay más ejercicios detrás de él por lo que no impide que los demás ejercicios se puedan completar.

Para finalizar con la serie de ejercicios propuestos, en la categoría “Ejercicios de Funciones Ejecutivas” se plantean 3 ejercicios. En el primero de los ejercicios se expone una serie de dominó y el usuario tendrá que seguir la serie entre 3 opciones propuestas. En el segundo al usuario se le ayuda a desarrollar el cálculo mediante la

suma de una cantidad de dinero que deberá completar seleccionando una serie de monedas. Para finalizar, se muestran 6 imágenes que son secuencias de una historia que el paciente tendrá que ordenar.

Todos estos ejercicios hay que resolverlos perfectamente para poder continuar al siguiente. Cuando el paciente llega al último ejercicio le aparecerá un cuadro de diálogo para poder volver a la pantalla de elección de ejercicios. Si el usuario ha entrado en una sección, o está dentro de cualquiera de los ejercicios y quiere volver a la sección general de ejercicios bastará con pulsar el botón Atrás.

Para poder desarrollar esta aplicación con éxito lo primero que se ha hecho ha sido un estudio detallado de los sistemas operativos actuales y de sus versiones ya que en todo momento se intentó desarrollar una aplicación accesible por el mayor número de usuarios. A partir de la elección del sistema operativo Android, se ha hecho también un estudio en detalle de dicha plataforma para poder desarrollar correctamente la aplicación creada.

Los componentes de reconocimiento y síntesis de voz necesarios en algunas de las secciones de la presente aplicación han sido los proporcionados por Google. Las conclusiones a destacar de estos servicios son la buena identificación de la información entrante por parte del reconocedor de voz, así como la buena asimilación de los mensajes de voz producidos por la aplicación.

Es muy importante también hacer un estudio sobre el Alzheimer ya que para crear una aplicación para enfermos de este tipo es necesario saber sus debilidades y como éstas se podrían satisfacer o mejorar. Un punto imprescindible a destacar han sido las guías sobre Alzheimer examinadas para poder ofrecer esta serie de ejercicios en los que se basa la aplicación.

Como conclusión final, los objetivos planteados en un principio se han cumplido. Con la realización de este Trabajo Fin de Grado se ha llevado a cabo un estudio completo del Alzheimer, de los sistemas operativos móviles y más en concreto de Android, para poder así aplicar todas las ventajas y posibilidades que nos ofrece este sistema operativo para crear con éxito una aplicación que sea capaz de ayudar a los enfermos de Alzheimer, ya que en este momento son muchas las personas que padecen esta enfermedad y estas cifras van en aumento.

Mediante la aplicación desarrollada se ha permitido la práctica de estos ejercicios en cualquier momento y en cualquier lugar sin ser necesario el acceso a internet, facilitando su uso a usuarios sin experiencia en el manejo de dispositivos móviles, como son las personas ancianas, que son los predominantes de esta enfermedad.

Finalmente y como uno de los objetivos importantes, se ha facilitado la introducción y edición de nuevos ejercicios en la aplicación por parte de cualquier persona, teniendo o no conocimientos en programación o en dispositivos móviles.

En definitiva, y teniendo en cuenta los resultados de la evaluación realizada, se ha conseguido desarrollar una aplicación útil, intuitiva y manejable para personas ancianas y que sufren una enfermedad neurodegenerativa como es el Alzheimer.

6.2 Trabajo futuro

Como líneas futuras de trabajo, se proponen los siguientes puntos:

- Sería muy conveniente añadir un **registro de usuarios** para que así se pueda añadir una **puntuación** a cada ejercicio y dependiendo la facilidad con la que el paciente realice cada uno de ellos se le daría una puntuación u otra. Es una manera de ir comprobando los avances del paciente en el día a día. Para ello, tendríamos que crear una base de datos en la que se fuera guardando la puntuación de cada una de las veces que el usuario se registra en la aplicación.
- En cada una de las secciones en las que se divide la aplicación (Ejercicios de Orientación, Ejercicios de Atención, etc.) se podrían añadir **más tipos de ejercicios**. Teniendo en cuenta la gran variedad de ejercicios disponibles en la web para cada una de las diferentes secciones, y los que puede crear uno mismo, se podrían añadir muchos más a cada una de estas categorías.
- En cada uno de los ejercicios ya propuestos, sería aconsejable incluir **más variación** en cada uno de ellos. Es decir, si por ejemplo estamos trabajando el ejercicio en el que aparece una historia y después hay que contestar a una serie de preguntas, ahora ya hay varias historias y la que aparece en la aplicación es elegida al azar, pero la idea es que haya más variedad aún, para que al paciente nunca se le repita la historia.
- Uno de los trabajos futuros más recomendable sería añadir una serie de **niveles** que el usuario pueda elegir antes de comenzar cada una de las categorías propuestas. Se añadirían nivel bajo, medio y alto, y dependiendo del nivel elegido, el usuario podría continuar con el siguiente ejercicio solo si hubiera realizado correctamente todo el ejercicio en cuestión o si solo

hubiera contestado correctamente una serie de preguntas, dependiendo del nivel en el que se encontrase.

- Añadir distintos **idiomas** a la hora de realizar los ejercicios sería una gran idea ya que así no se delimitaría el uso de esta aplicación a españoles o gente hispanoparlante, ya que enfermos de Alzheimer hay en todo el mundo, esto haría que esta aplicación pueda ayudar a muchas más personas.
- Ampliar el uso de la **interacción oral** con la aplicación, por ejemplo a la hora de elegir ejercicio, a algunos de los usuarios les facilitaría el uso de la aplicación y les daría otra opción distinta, no la opción más tradicional de tener que interactuar siempre con la pantalla táctil.

Presupuesto

En base a la planificación y duración del proyecto establecido en el capítulo 1, se incluye en este apartado el desglose presupuestario del Trabajo Fin de Grado. Para determinar dicha cifra se contempla la duración de las distintas fases y tareas y se incluye un desglose de costes de personal, costes de material y costes totales.

1. Tareas

Fase 1: Planificación.

- Análisis de las aplicaciones diseñadas.

Duración: 18 días.

- Planificación de requisitos de la aplicación.

Duración: 7 días.

- Estudio del sistema operativo Android y herramientas necesarias

Duración: 25 días.

Fase 2: Ejecución.

- Análisis y diseño inicial.

Duración: 15 días.

- Implementación del sistema.

Duración: 103 días.

- Pruebas unitarias.

Duración: 7 días.

- Pruebas de integración.

Duración: 7 días.

- Evaluación de la aplicación.

Duración: 7 días.

Fase 3: Documentación

- Memoria del Trabajo Fin de Grado.

Duración: 17 días.

- Preparación de la presentación.

Duración: 3 días.

2. Recursos

- Recursos de Hardware.

- Ordenador portátil: 700€
- Smartphone Galaxy SIII: 450€
- Tablet XtremeTab : 100€
- Cable USB: 5€

- Recursos de Software.

- Plataforma Eclipse con plugins de Android : 0€
- Paquete Microsoft Office 2010 : 220€
- Adobe Reader : 0€
- Paint : 0€
- GIMP : 0€
- Servicio de alojamiento de archivos multiplataforma Dropbox : 0€

- Recursos humanos.

En la realización de este Trabajo Fin de Grado han participado dos personas, el tutor del proyecto y el desarrollador.

Las jornadas dedicadas al proyecto por parte del desarrollador han sido de una media de 5 horas, considerando semanas de 6 días laborables, excluyendo

los domingos. Las jornadas dedicadas al proyecto por parte del tutor del proyecto han sido de una media de 1 hora semanal.

- Coste del desarrollador: 20€/hora.
- Coste del tutor de proyecto: 25€/hora.

3. Resumen de costes

El coste de recursos humanos por parte del desarrollador de la aplicación se resume en la Tabla 7.1. En la Fase 2 no tenemos en cuenta los días de Evaluación de la aplicación ya que, como comentamos anteriormente, esta tarea se ha llevado a cabo en paralelo a la Fase de Documentación (Fase 3).

TAREA	DÍAS	IMPORTE
FASE 1	50	5000€
FASE 2	132	13200€
FASE 3	20	2000€
Subtotal	202	20200€

Tabla 7.1. Detalle de costes de recursos humanos por parte del desarrollador de la aplicación del Trabajo Fin de Grado

El coste de recursos humanos por parte del tutor del proyecto se resume en la Tabla 7.2.

TAREA	SEMANAS	IMPORTE
FASE 1	8.3	207.5€
FASE 2	22	550€
FASE 3	3.3	83.33€
Subtotal	33.6	840.83€

Tabla 7.2. Detalle de costes de recursos humanos por parte del tutor del proyecto

Con esto sabemos por tanto que los costes de recursos humanos ascienden a una cantidad total de $20200\text{€} + 840.83\text{€} = \mathbf{21040.83\text{€}}$

El coste total de la aplicación se presenta en la Tabla 7.3.

RECURSO	IMPORTE
Recursos humanos	21040.83€
Recursos hardware	1255€
Recursos software	220€
<i>Subtotal</i>	22515.83€
(21% IVA)	4728.32€
TOTAL	27244.15€

Tabla 7.3. Detalle del coste total del Trabajo Fin de Grado

El presupuesto total de este Trabajo Fin de Grado asciende a la cantidad de **VEINTISIETE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS.**

Madrid, a 24 de Septiembre de 2014

Fdo. Alba Renedo Cófreces

Glosario

- **Alzheimer:** Enfermedad mental progresiva que se caracteriza por una degeneración de las células nerviosas del cerebro y una disminución de la masa cerebral; las manifestaciones básicas son la pérdida de memoria, la desorientación temporal y espacial y el deterioro intelectual y personal.
- **Ambient Assisted Living (AAL):** programa de investigación y desarrollo destinado a mejorar la calidad de vida de las personas mayores mediante la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), emprendido por varios Estados miembros.
- **Android:** sistema operativo basado en el kernel de Linux diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tabletas, y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles, inicialmente desarrollado por Android, Inc., que Google respaldó económicamente y más tarde compró esta empresa en 2005.
- **API (Application Programming Interface):** es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software representando una capa de abstracción para el desarrollador.
- **APK (Application Package File):** paquete para el sistema operativo Android.
- **Capacidad cognitiva:** potencialidad que tiene alguien o algo de poder adquirir conocimientos para desarrollarlos en base a experiencias previas.
- **Dalvik:** nombre de la máquina virtual que utiliza la plataforma para dispositivos móviles Android. Dalvik está específicamente adaptada a las características de rendimiento de un dispositivo móvil, está optimizada para requerir poca memoria y está diseñada para ejecutar varias instancias de la máquina virtual simultáneamente.
- **Dispositivos móviles:** tipo de ordenador de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, con conexión a Internet, con memoria, diseñado

específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales.

- **Java:** es un lenguaje de programación desarrollado en el año 1995 por James Gosling de Sun Microsystems. Se trata de un lenguaje orientado a objetos, lo que significa que sus programas se construyen con módulos de código. A diferencia de otros lenguajes de programación, Java es un lenguaje interpretado, y por lo tanto, tiene más tiempo de ejecución. Su intención es permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo.
- **Plug-in:** componente de software que se relaciona y ejecuta con otro para aportarle una función nueva y generalmente muy específica.
- **Reconocimiento automático del habla (ASR):** herramienta capaz de procesar la señal de voz emitida por el ser usuario y reconocer la información contenida en ésta mediante técnicas de proceso de señal a voz. Esta información reconocida la convierte en texto o emite órdenes que actúan sobre un proceso.
- **SDK (Software Development Kit):** constituye un conjunto de herramientas que permiten a un desarrollador crear aplicaciones para una determinada plataforma o lenguaje.
- **Síntesis de voz (TTS “Text-to-Speech”):** son sistemas que permiten la conversión de textos a voz sintética.
- **Sistema multimodal:** sistema en el que en la comunicación intervienen varios modos humanos, como por ejemplo: la voz o el habla, los gestos, los ojos, los movimientos, etc.
- **Smartphone:** es un tipo teléfono móvil construido sobre una plataforma informática móvil, con una mayor capacidad de almacenar datos, con la inclusión de pantalla táctil, teclado, conexión Wi-Fi, aplicaciones de usuario como navegador web o cliente de correo, entre otros.

Bibliografía

Administrador Comunidad TTT (2011). *Variedad de sistemas operativos*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.tecnologiadetuuatue.lcorteingles.es/telefoniasistemas-operativos-para-moviles-en-la-variedad-esta-el-gusto/>

Android (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>

Android en el mercado (2014). Descargado Septiembre, 2014, de http://www.rpp.com.pe/2014-02-12-android-consolido-en-2013-su-dominio-mundial-del-mercado-de-smartphones-noticia_669368.html

Apple Store (2014). Descargado Septiembre, 2014, de http://store.apple.com/es?afid=p238%7CsZcURKCNy-dc_mtid_187079nc38483_pcrd_51889747355_&cid=aos-es-kwg-brand

Aumento del Alzheimer (2013). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/salud/2013-09-20/sabadoel-alzheimer-golpea-en-espana-a-12-millones-de-personas-1276499857/>

BlackBerry World (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://appworld.blackberry.com/webstore/?%3fcountrycode=RO&lang=en>

Comparativa de plataformas móviles (2013). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/98-comparativa-con-otras-plataformas>

Comunidad Androideity (2011). *Arquitectura Android*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://androideity.com/2011/07/04/arquitectura-de-android/>

Cursos adrformación (2014). *Sistema de ficheros*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.adrformacion.com/cursos/android/leccion1/tutorial7.html>

De los Reyes, C. J., Arango, J. C., Rodríguez M. A., Perea, M. V. y Ladera, V. (2012) *Rehabilitación Cognitiva en pacientes con Enfermedad de Alzheimer* Psicología desde el Caribe, vol. 29, núm. 2, mayo-agosto, 2012, pp. 421-455 Universidad del Norte Barranquilla, Colombia. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21324851008>

Descarga Eclipse (2014). Descargado Febrero, 2014, de <http://www.eclipse.org/downloads/>

Eclipse (2014). Descargado Septiembre, 2014 <https://www.eclipse.org/>

Empresa BBVA (2013). *Uso de dispositivos móviles.* Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.bbvacontuempresa.es/tecnologia-innovacion/el-uso-dispositivos-moviles-y-la-productividad-empresarial-se-llevan-bien>

Fundación Alzheimer España (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.alzfae.org/index.php/fae360/web/460-ialzheimer>

González, B. y Muñoz, E. *Estimulación cognitiva por ordenador.* Descargado Septiembre, 2014, de <http://mundoasistencial.com/documentacion/guias-estimulacion-cognitiva/estimulacion-cognitiva-por-ordenador.pdf>

Google Play (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <https://play.google.com/store?hl=es>

Grupo Grünenthal España (2013). *Ejercicios para potenciar la memoria de enfermos de Alzheimer.* http://www.todoalzheimer.com/cms/cda/_common/inc/pageelements/preview.jsp?contentItemId=37600004

i-Alzheimer (2012). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.alzfae.org/index.php/fae360/web/460-ialzheimer>

Imágenes aplicación:

Descargado Abril, 2014, de <http://www.fotocommunity.es/pc/pc/display/28724302>

Descargado Abril, 2014, de <http://www.tuttomamma.com/madre-fibrosi-cistica-figlio/14324/>

Descargado Abril, 2014, de http://lavidamujeres.blogspot.com.es/2013_11_01_archive.html

Descargado Abril, 2014, de <http://www.psicologia-online.com/foros/viewtopic.php?f=23&t=46352&start=570>

Descargado Abril, 2014, de <http://pacolacueva.blogspot.com.es/2010/07/47-emociones-origen-de-la-enfermedad-y.html>

Descargado Abril, 2014, de <http://www.aseldiyet.com/?x=6&id=56>

Descargado Mayo, 2014, de <http://www.educolorir.com/paginas-para-colorir-farol-i23130.html>

Descargado Mayo, 2014, de <http://www.imagui.com/a/zapato-para-iluminar-cdKbp9br7>

Descargado Mayo, 2014, de <http://beatrizelena10.wordpress.com/2009/07/09/boceto-pajaro/>

Descargado Mayo, 2014, de http://clasificaciondeangulos.blogspot.com.es/2011_04_01_archive.html

Descargado Mayo, 2014, de http://www.yodibujo.es/c_21802/dibujos-para-colorear/princesas/melena-rizada-de-la-princesa

Descargado Mayo, 2014, de <http://www.scuolevalnervia.org/docenti/prove/terza/3%20prove%20ita/ingresso/pesce%20lucente.pdf>

Descargado Mayo, 2014, de <http://www.ateneupopular.com/page/21/?s=vector>

Descargado Mayo, 2014, de <http://www.pinterest.com/pin/52354414392655880/>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.mis-dibujos-favoritos.com/Dibujos/Imprimir/Naturaleza/Fruta/Pina/420074>

Descargado Junio, 2014, de http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/silueta_frutas.html

Descargado Junio, 2014, de <http://toplowridersites.com/voor-liefhebbers-van-voedsel-je-mag-printen-deze-kleurplaat/>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.alnawarcorner.com/category.php?catid=4>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.coloringplanet.com/coloring-pages/1702.html>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.coloringpagesfree.net/coloring-sheets-free/sea-coloring-pages/dolphin-coloring-page-484.html>

Descargado Junio, 2014, de <http://pintarimagenes.org/gatos-y-perros-para-pintar/>

Descargado Junio, 2014, de <https://plus.google.com/photos/113890519569397634745/albums/5110226991545406433>

Descargado Junio, 2014, de <http://mamnonhanhphuc.edu.vn/cam-nang/tai-lieu-mam-non/tranh-to-mau-dong-vat>

Descargado Junio, 2014, de <https://fernandoramos12.wordpress.com/>

Descargado Junio, 2014, de http://ineilagosul.educacional.net/downloads/pdf/provas/MD_2012_4p_6o_es_p.pdf

Descargado Junio, 2014, de <http://www.coloringpages3.webparaninos.com/nature-humanbody-menu.html>

Descargado Junio, 2014, de http://es.123rf.com/clipart-vector/reception_office.html

Descargado Junio, 2014, de <http://www.shutterstock.com/pic-101027368/stock-vector-sofa-freehand-drawing-icon-black-and-white-vector-illustration.html>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.youtips.nl/hobby/tekenen/category/169-vrachtwagens.html?start=20>

Descargado Junio, 2014, de <http://www.tualimforum.com/boyama-kitaplari-resimleri/108323-ulasim-araclari-boyama-etkinligi-ulasim-araclari-boyama-sayfalari.html>

Descargado Junio, 2014, de http://www.kisb-gyomae.sulinet.hu/kepgaleria2/download/tamop_verseny/2_ford/matek1.pdf

Descargado Junio, 2014, de http://www.carcabin.com/-973-23-zum-transport-eines-zustzlichen-dritten-fahrrades/media.autoworld24.de*images*800px*973-23.jpg/

Descargado Junio, 2014, de http://www.es.clipproject.info/galeriadeimagenes/educacion_dibujos_para_colorear/silla_dibujo_para_colorear_gratis_1650.html#.VB6ckvl_vkM

Descargado Junio, 2014, de <http://www.imagui.com/a/mesa-para-pintar-T9Ebx7dEa>

Descargado Julio, 2014, de <http://idibujosparacolorear.com/vinetas-para-colorear-y-ordenar>

Descargado Julio, 2014, de <http://www.imagui.com/a/vinetas-para-ordenar-para-colorear-iBXrkR7ML>

Descargado Junio, 2014, de http://www.flaticon.es/icono-gratis/autobus-vista-lateral-del-vehiculo_26667

Descargado Agosto, 2014, de <http://africagreenmedia.co.za/why-bees-are-important/>

Descargado Agosto, 2014, de http://control-plagas.urbeco.com.ar/control_de_hormigas.html

Descargado Agosto, 2014, de <http://cantoyprosa.blogspot.com.es/2010/10/descripcion-subjetiva-de-una-arana.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.f5ms.com.br/homem-morre-pisoteado-por-vaca-em-alcinopolis>

Descargado Agosto, 2014, de <http://imagenes.4ever.eu/tag/1749/elefante?pg=2>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.ciudad17.com/Naturaleza/animales/mamiferos/rinoceronte.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://es.cuidadoyamoranimal.wikia.com/wiki/Archivo:Pollito.jpg>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.taringa.net/posts/mascotas/12196857/Todo-lo-que-hay-que-saber-sobre-los-Hamsters.html>

Descargado Agosto, 2014, de http://www.theranking.com/cual-es-tu-animal-favorito-del-mundo_r35107

Descargado Agosto, 2014, de http://diaricivic.blogspot.com.es/2010_09_01_archive.html

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.listofimages.com/wolf-snow-winter-animals.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://overspring.dk/tag/tage-pa-eventyr/>

Descargado Agosto, 2014, de http://www.flaticon.es/icono-gratis/llave-inglesa_31056

Descargado Agosto, 2014, de http://www.flaticon.es/icono-gratis/rodillo-de-pintura-silueta-negra_32447

Descargado Agosto, 2014, de <http://paredesoriginales.com/vinilos-decorativos-de-formas-variadas/1786-vinilo-llave.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.vectoresgratis.com/tag/siluetas-2/page/7/>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.amlibros.com/libros/rotulacion/simbolos-pictogramas-y-siluetas.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.orientacionandujar.es/2013/10/08/las-adivinanzas-de-halloween-en-video-de-siluetas/>

Descargado Agosto, 2014, de <http://es.123rf.com/clipart-vectorizado/nostrils.html>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.zazzle.es/silueta-de-la-paleta-del-ping-pong-pegatina-217068782262316604>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.saludalia.com/psicologia/podemos-mejorar-nuestra-memoria>

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.actiludis.com/?p=32920>

Descargado Agosto, 2014, de http://www.freepik.es/vector-gratis/atencion-clipart_384203.htm

Descargado Agosto, 2014, de <http://www.tenvinilo.com/vinilos-decorativos/Vinilo-decorativo-brujula-147>

Descargado Agosto, 2014, de <http://eljuegodelacorte.nexos.com.mx/?tag=caso-guarderia-abc>

Descargado Agosto, 2014, de <http://neuropsicecar.wikispaces.com/Demencia+cuerpos+de+Levy>

Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.efesalud.com/blog-salud-prevencion/alzheimer-la-pagina-en-blanco/>

Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/14582497/Ejercicios-para-mantener-el-cerebro-vivo.html>

Isidro, V., Pérez, C., Sánchez-Valladares, V. y Balbás, A. (2011) *Guía práctica para familiares de enfermos de Alzheimer*. Estudio financiado por la Fundación de PwC. Descargado Septiembre, 2014, de http://www.fundacionreinasofia.es/Lists/Documentacion/Attachments/13/Guia%20opractica%20familiares%20de%20enfermos%20de%20Alzheimer_final.pdf

iTunes (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.apple.com/es/itunes/?cid=wwa-es-kwg-music-com>

Lozada, V. (2012). *Diseño gráfico en aplicaciones móviles en la educación secundaria*. Trabajo de Graduación en Cuenca-Ecuador realizado en Julio, 2012.

Más vida Red (2013). *Actividades para personas con Alzheimer*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://psyciencia.com/wp-content/uploads/2013/09/GPF-alzeheimer-actividades.pdf>

Mis recuerdos (2013). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.europapress.es/portaltic/videojuegos/noticia-recuerdos-enfermos-alzheiimer-perduraran-gracias-aplicacion-indra-20131217185310.html>

Pérez, J.M. (2013). *Aplicaciones para móviles que ayudan con el Alzheimer*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.hijosdigitales.es/2013/09/aplicaciones-para-moviles-que-ayudan-con-el-alzheimer/>

Peter Norvig (2011). *Reconocimiento de voz*. Descargado Septiembre, 2014, de http://tecnologiayproductosgoogle.blogspot.com.es/2011/11/una-mirada-dentro-de-la-tecnologia-de_23.html

Programación de aplicaciones para móviles Android (2013). Descargado Septiembre, 2014, de http://www.htcmania.com/mediawiki/index.php/Programaci%C3%B3n_de_aplicaciones_para_m%C3%B3viles_Android_-_Unidad_1

Refresh my memory (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.omarbs.rmm&hl=es>

Remembr (2012). Descargado Septiembre, 2014, de <http://remembr.mobi/>

Sistema operativo móvil (2014). Descargado Septiembre, 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo_m%C3%B3vil

Survio (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.survio.com/es/>

Teixidor Freira, Montserrat y Escuela Universitaria de Enfermería Santa Madrona de La Fundación "La Caixa" (2005). *El Alzheimer un reto para la Enfermería* Edición 2005

Tirapu, J., Ríos, M., y Maestú, F. (2011) *Manual de Neuropsicología*. 2ª Edición. Editorial Vigueras

The Cocktail Analysis, S.L (2012). *Estudio sobre mobile Marketing*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://tcanalysis.com/blog/posts/iv-estudio-sobre-mobile-marketing-de-iab-spain-y-the-cocktail-analysis>

Tweri (2013). Descargado Septiembre, 2014 de <http://www.tweri.com/inicio.aspx>

Universidad Carlos III (2014). *Arquitectura Android*. Descargado Septiembre, 2014 de <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/generalidades/2-2-arquitectura-de-android>

Universidad Nacional de Moquegua (2014). *Sistema operativo*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.unam.edu.pe/tics/index.php/login/sistema-operativo>

Universidad Politécnica de Valencia (2013). *Versiones Android*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.androidcurso.com/index.php/tutoriales-android/31-unidad-1-vision-general-y-entorno-de-desarrollo/146-las-versiones-de-android-y-niveles-de-api>

Variedad de sistemas operativos (2011). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.taringa.net/posts/info/8589949/Sistemas-operativos-moviles-Comparacion.html>

Windows Marketplace (2014). Descargado Septiembre, 2014, de <http://www.windowsphone.com/es-es/store>

Zambrano, M. (2013). *Smartphone tecnología innovadora*. Descargado Septiembre, 2014, de <http://es.calameo.com/books/00246838468974ec8cbef>

ANEXO A: Introduction

In this first chapter, Degree's Final Project's (hereinafter "DFP") motivation is described, as well as its main aims defined. Likewise, general aspects regarding the phases of development, the temporary planning and the means used for the attainment are explained. Finally, the structures of the chapters that compose the project are detailed.

Motivation

In the new century the subjects affected by neurodegenerative diseases, specially the Alzheimer, have increased dramatically. The Alzheimer is a disease tied to the age; this is why the rising of its incident and prevalence in the last decades stems from the progressive aging of the population. Every year 4.6 million new cases of Alzheimer are detected. In Spain the figures of Alzheimer rise to 1.2 million patients.

It is a chronic disease characterized by the presence of cognitive symptoms, physical problems and emotional disturbances and / or behavioral. These problems can be treated by both non-pharmacological and pharmacological manner.

In this DFP the objective will be to create an application that helps in the rehabilitation of the patient on a non-pharmacological manner. In this type of rehabilitation both physical and cognitive stimulation is requires (ie, working the memory, attention, language, etc, but also, perform physical exercises and sensory stimulation).

As for the rehabilitation setting discussed in this DFP, computers and the potential availability of different IT supports have created a great debate between being in favour (assuming that the designed programs do rehabilitate by the mere use) or against (alluding that they do impede the performance with the patient and are not flexible enough). Obviously, software or mobile applications created for rehabilitation, as in our case, are not intended to rehabilitate by the mere use, but to help the patient go excelling as an aid to join other daily activities.

There is already several software created with the objective of stimulating cognitively. Some of them are described below:

- **Aire-Gradior application.** It allows the design of assessment and rehabilitation sessions in a systematic and personalized way.
- **Programa Rehacom.** Designed for the training and stimulation of various cognitive functions.
- **Programa de estimulación cognitiva Smartbrain.** Interactive multimedia system designed for various purposes. On the one hand it allows training in basic cognitive abilities, and on the other hand, it consists of both an area that allows creating personalized stimulation sessions and another area with the execution of the exercises that have been previously defined.

On the contrary, the mobile devices applications designed for this type of disease have not being so common, despite the expansion mobile devices have suffer for personal and professional use in recent years. Most of the applications developed for Alzheimer are based on geolocation. They are designed in case the patient who goes for a walk is lost, their families and perpetrators are able to locate them, whereas rehabilitative purposes are not broached.

As mentioned above, the expansion of mobile devices in recent years has intensified. According to the results of the " IV Survey on Mobile Marketing of IAB Spain and The Cocktail Analysis" report, 59% of Spanish users have at least a Smartphone and 23% of the a Tablet.

In Figure 8.1 the technological development of the year 2012 compared to year 2011 is shown (*The Cocktail Analysis S.L, 2012*).



Figure 8.1. Technological development of the year 2012 compared to year 2011

Taking into account this technological development, the application for the DFP is designed, for the users benefit, due to the great advantages of Smartphone and Tablets in contrast with the PC in terms of availability, convenience and ease access to information.

Nowadays mobile devices are becoming very important in the workplace environment, according to the report of the European Statistical Service, in Spain 45% of companies offer to their staff mobile devices for their daily work.

As far as the operating system is referred, considering that iOS and Android are the two major operating systems used at the moment, we can affirm that Android operating system is still leading the world market with the 78.6% of all smartphones sold in the world, compared with the 15.2% of Apple iOS. This makes the choice of the operating system to create our application to be easy, as it is intended that it can be used by as many people as possible.

DFP's main objectives

The main objective of the project is to develop an application for mobile devices that is helpful to Alzheimer patients, presenting a series of practical exercises of cognitive stimulation which will help the person with the sickness. These exercises will be divided into 6 categories:

- **Orientation exercises.**
- **Memory exercises.**
- **Attention exercises.**
- **Gnosia exercises.**
- **Language exercises.**
- **Executive function exercises.**

Due to the increasement on the number of people with Alzheimer, and the extensive use of mobile devices today, the main goal of the application developed is that the patients can perform the exercises whenever they want without having someone next door and in the place they want. The only thing they will need is the mobile device, even if, as mentioned previously, it is recommended that users perform these exercises under the supervision of a rehabilitator.

Based on the main objective quoted, there are also other partial goals defined as to conduct a study of the Android operating system, to allow the use of this application anytime and anywhere without internet access, and finally, another important objective is to try to facilitate the use of this application for inexperienced users in managing mobile devices, such as the elderly, who are predominant in this disease.

Development stages

The development stages of a Project can be mainly divided into three groups: planification, execution and documentation. These three stages are described below:

Stage 1: Planification

- **Analysis of the designed applications.** Study of already designed applications for people suffering from Alzheimer's.
- **Planning application's requirements.** Determination of the requirements to be fulfilled by the developed application.
- **Study of the Android operating system and the needed tools.** Approaching the Android operating system, learning Android programming and getting to know different useful tools for the DFP.

Stage 2: Execution

- **Analysis and initial design.** Division of the different functionalities of the application in modules.
- **Implementation of the system.** Programming the complete application.
- **Unit Testing.** Analysis, configuration and functional testing of each module.
- **Integration testing.** Testing process of the complete application until a completely stable version of it is achieved.
- **Evaluation of the application.** Make the assessment survey and collect and analyse the results.

3: Documentation

- **Memory of the DFP.** Drafting of this document.
- **Preparing the Ppt presentation.**

For a better understanding of the development phases and tasks performed for each phase, a very important project management tool has been used WBS -Work Breakdown Structure WBS-. It consists of a tree structure diagram that describes the deliverables and tasks to be performed for a project.

Figure 8.2 represents the diagram EDT with the tasks of this project.

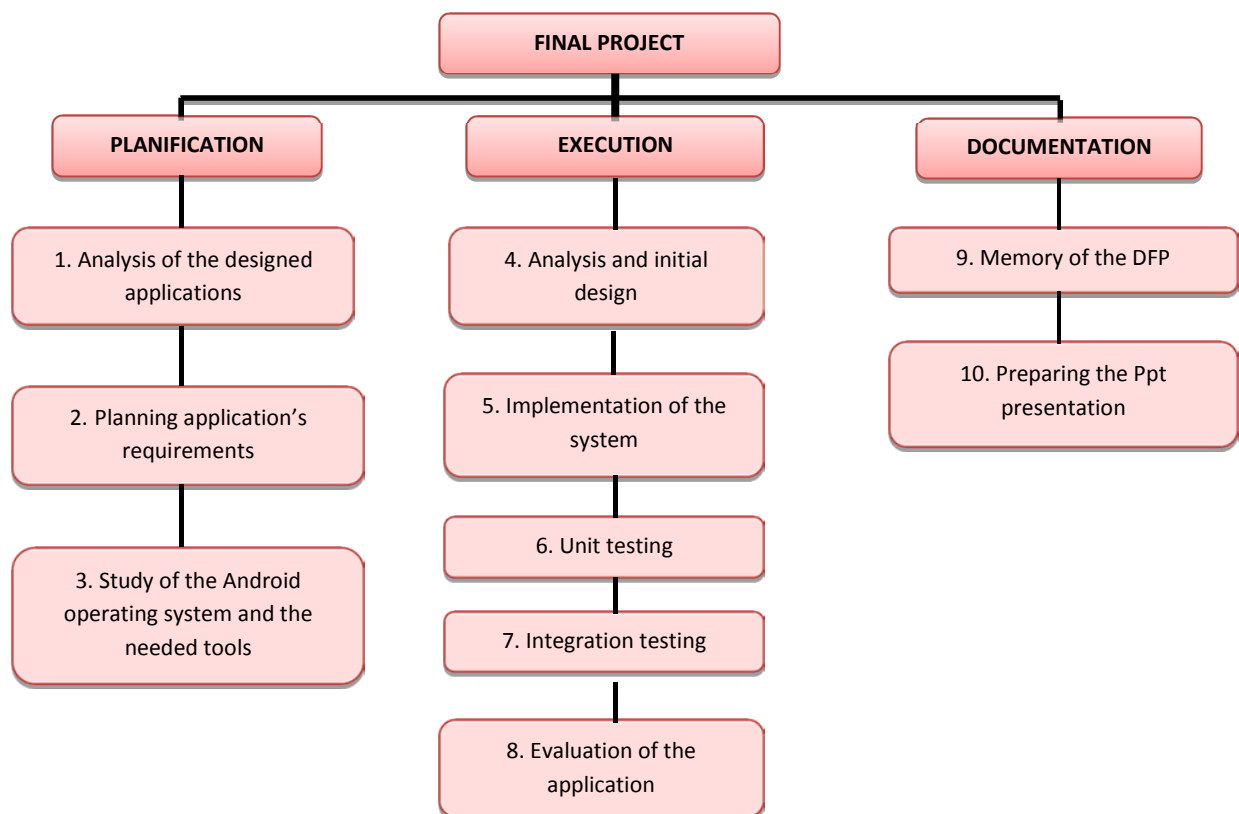


Figure 8.2. WBS diagram with the task to be done at the DFP.

Time planning

Once the tasks and phases of the DFP has been established, the timing of the phases has been defined using as a tool Gantt Chart, in order to carry out a detailed monitoring of the evolution of each of the duties specified.

In Figure 8.3 the resulting Gantt Chart considering the set of tasks and phases shown above.

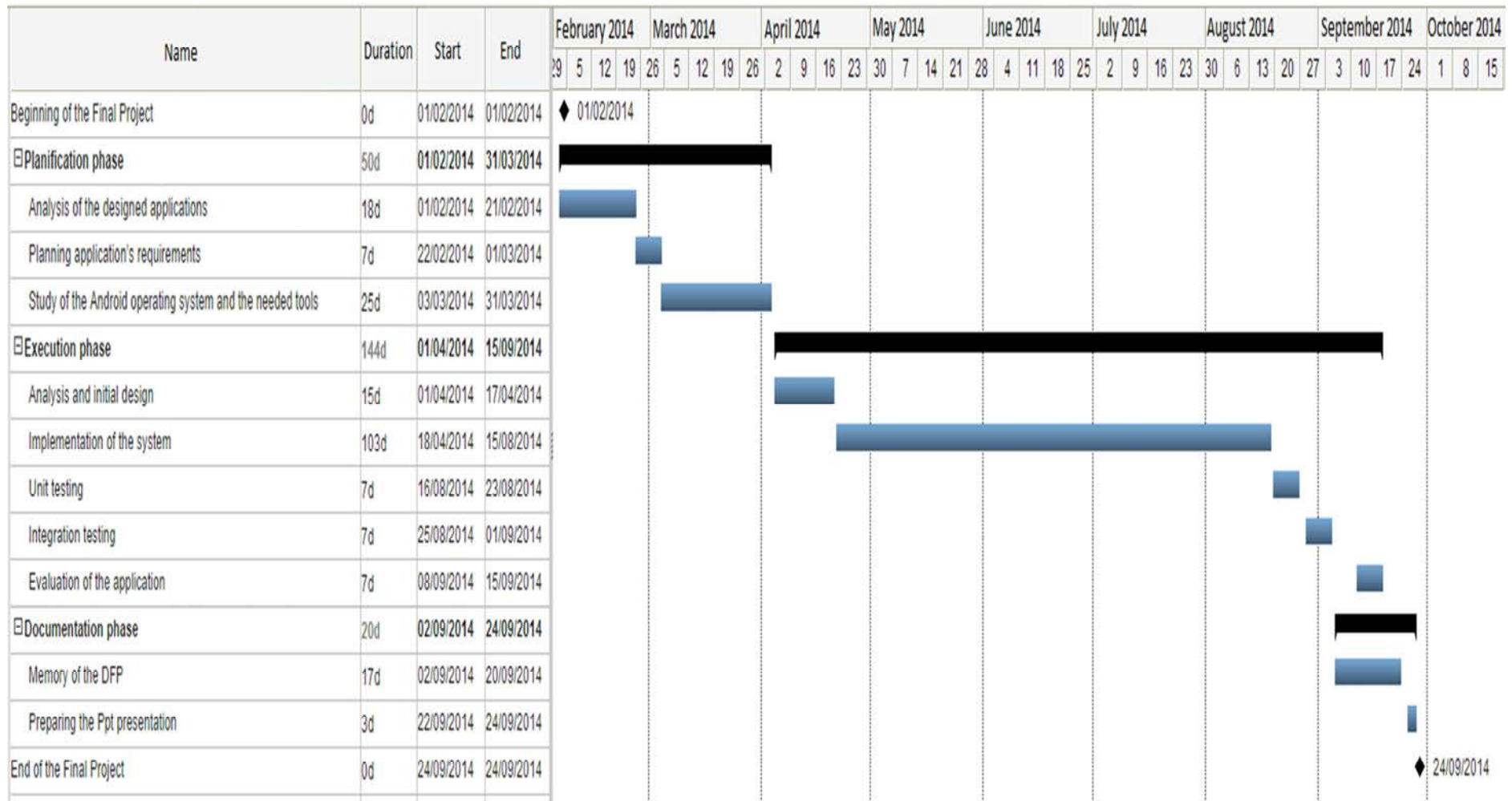


Figure 8.3. Gantt Chart of the DFP time planning.

Considering what shown in the chart we prove that the estimate time to complete the DFP has been of 202 days, considering all weekdays except Sundays as working days and establishing a working journey of 5 hours a day. For the calculation of the total length it can not be made the sum of the length of the three main phases since not all the tasks precede the former. The documentation stage has started before assessing the application, therefore, the total length is obtained from the sum of the durations of each individual task, without taking into account the task "Evaluation of the application."

Employed means

Here below are listed the materials used for the completion of the DFP:

Hardware Devices:

- Laptop.
- Smartphone with Android 2.3.3 or higher.
- Tablet with Android 2.3.3 or higher.
- USB Cable.

Software Device:

- Eclipse Platform with Android plugins.
- Microsoft Office 2010 Package.
- Adobe Reader.
- Paint and GIMP for image editing.
- File hosting service Dropbox platform.

As for the documentation, plenty of books and articles about Android programming language have been used, as well as technical Alzheimer books and articles. All documentation is detailed in the Bibliography section.

Structure of the memory

A brief summary of the chapters of the report is shown below, in order to facilitate the understanding of it.

Chapter 1: Introduction. In this first chapter the motivation of the project and the objectives of it are described. In addition, the development phases, the timing, the employed means and the structure of memory are included.

Chapter 2: State of the art. In the second chapter a comprehensive study of the major mobile operating systems available today is developed, and in more detail the Android system since it has been the operating system chosen. Finally, an analysis of the Alzheimer is done, as it is the disease willing to be treated by this project. A study of the methodology used for rehabilitation and of the already existing applications for the disease is done during this chapter.

Chapter 3: System overview. This chapter begins with an overview of the system. For that aim, the tools and technologies used are analyzed.

Chapter 4: Detailed description of the system modules. This chapter describes in detail each of the modules that comprise the application, each module corresponds to each type of exercise proposed in the application. For each of these modules functionalities, architecture and how to introduce a new example of the exercise is explained. Furthermore, possible usage scenarios are presented for each of the modules.

Chapter 5: Evaluation of the application. This chapter carries out the evaluation of the application through a questionnaire conducted by the same users. From the results of the survey, a series of graphics will be generated to determine the quality of the application.

Chapter 6: Conclusions and future work. In this chapter the main ideas, issues, and conclusions resulting from the completion of the DFP will be exposed, as well as discuss possible lines of work that could emerge from this work in order to improve the developed application.

Budget. This section contains an analysis of the costs of the design and development of the DFP, detailing the cost of personnel and the necessary equipment to carry out the implementation.

Glossary. This section describes the main technical terms and concepts used in the memory, in order to facilitate reader's understanding.

Bibliography. This section reflects the citations which have been consulted for the performance of both the application and the memory.

ANEXO B: Conclusions

This DFP has developed an application for Android mobile devices whose primary purpose is to present exercises that help to treat patients with Alzheimer disease.

The application's main screen is simply a display of interaction with the user to access the application or leave it. It is on the second screen where the user can already see the different types of exercises there are available, and from here, he can choose the type of exercise willing to execute and perform them in this section.

Each of these sections has from two to four exercises related to the category in which they are located. The first category is called "Guidance Exercises" where two exercises can be found, both willing to help the patient to temporarily orient. The first of these exercises is composed of a series of questions that must be answered, and the second will simply asked a question, of which the answer will be one of the four images proposed.

Followed by this category "Memory Exercises" are found, 4 exercises in which the user will have to try to develop immediate memory, as well as both long-term memory and short-term memory. For the development of immediate memory a list of words are reproduced thanks to text-to-speech synthesizer; the patient will have to write the words in order so that he can continue to the next exercise. Regarding the short-term memory, the patient will read a randomly selected story in a determined period of time, to then answer some questions related to it. Finally, in relation to long-term memory, there are two different exercises, one in which the patient must complete some phrases related the past and the present (events occurred, places, characters, etc.); and another one, where questions about related objects are proposed, and the subject has to choose, like in the guidance exercise, between the four pictures shown.

Then, in "Caution Exercises" 2 different ones are presented. In the first of these 12 images are provided and these have to be ordered in accordance with the statement given, and the second and last exercise proposes a series of images of 3 types, of which the user will have to choose the ones fulfilling what it is established by the statement.

"Gnosis Exercises" consists of 4 exercises. In the first of them the patient will have to choose a colour and fill in the colours of various objects. During the second one the user must choose the mood of the people appearing in an image. In the following, 4 images are displayed, and the user will have to select the image that exists in reality; and finally, in the last exercise 8 images appear, 4 of them of the same category and 4 of other different categories and user must distinguish them.

Then the category of "Language Exercises" is proposed. This section will include 3 exercises, in two of them 10 words have to be written, one list related to a given subject and the other beginning with the letter given. These two exercises are related to verbal fluency. The last exercise, willing to increase the reading speed is based on speech recognition. The user will have to read a highlighted phrase in the statement. For this last exercise internet access is required, but in the case of not having access and being unable to complete the exercise, there are no consequences as there are no exercises following this, and thus the rest of the sections and exercises can be completed without any problem.

To end up with the series of exercises proposed, three exercises are raised at the "Executive Function Exercises" category. In the first exercise a series of dominoes is exposed where the subject will have to follow the series by choosing one of the three options given. In the second the user is helped to develop the calculation by adding an amount of money which must be completed by selecting a series of coins. Finally, 6 images which are sequences of a story are shown, which the patient will have to put in order.

All these exercises must be solved perfectly to be able to continue to the next. When the patient reaches the last exercise a dialog box will appear which allows returning to the exercise selection screen. If the user has entered a section, or he is within any of the exercises and wants to return to the general section he just have to press the Back button.

To develop this application in a successful way, the first thing to do was a detailed analysis of the current operating systems and its versions as from the beginning the main objective was to develop an accessible application by as much people as possible. From the moment the choice of the Android operating system was made, a detailed study of the platform has been carried out in order to successfully develop the created application.

The components of voice recognition and synthesis required in some of the sections of this application have been provided by Google. The conclusions to highlight from these services are a good identification of the incoming information from the speech recognizer and the good assimilation of voice messages produced by the application.

It is also important to make a study on Alzheimer as to create an application for such patients it is fundamental to know their weaknesses and how they could be met or improved. An essential point has been the guides examined on Alzheimer disease so that the series of exercises in which the application is based are useful for the patients.

As a final conclusion, the objectives initially set have been met. With the completion of this DFP a comprehensive study of Alzheimer has been conducted, as well as of mobile operating systems and more specifically of Android; as a consequence all the benefits and possibilities offered by this operating system to create a successful application has been taken into account in order to contribute to the treatment of the nowadays increasing disease.

The developed application has allowed the practice of these exercises anytime and anywhere without internet access, facilitating its use to inexperienced users in managing mobile devices, such as the elderly, who are the prevalent in the disease.

Finally, as one of the important goals, it has been facilitated the introduction of new exercises and editing the application by any person, having or not programming knowledge on mobile devices.

In conclusion, taking into account the results of the assessment, it has been managed to develop a useful, intuitive and handy application for elderly and suffering from a neurodegenerative disease such as Alzheimer.